



International Academy of Engineering
Russian Academy of Engineering



**Международная инженерная академия
Российская инженерная академия**

**Международная научно-практическая конференция,
посвященная 30-летию Инженерной академии СССР,
Международной и Российской инженерных академий**

Сборник статей международной конференции

«Перспективные задачи инженерной науки»

Collected Papers of the International Conference

“Long-term Tasks of the Engineering Science”

Москва

2022

International Academy of Engineering
Russian Academy of Engineering

Международная инженерная академия
Российская инженерная академия

Международная научно-практическая конференция,
посвященная 30-летию Инженерной академии СССР,
Международной и Российской инженерных академий

Сборник статей Международной конференции
**«Перспективные задачи
инженерной науки»**

Collected Papers of the International Conference
**"Long-term Tasks of the
Engineering Science"**

Москва
ООО Издательский дом «Мастер»
2022

ББК 24.1
УДК 54

Сборник статей международной конференции «Перспективные задачи инженерной науки». Международная инженерная академия, М.: ООО Издательский дом «Мастер», 2022. – 456 с.

ISBN: 978-5-907292-46-8

Сборник статей «Перспективные задачи инженерной науки» посвящен 30-летию Инженерной академии СССР, Международной инженерной академии (МИА), академиям и отделениям, входящим в состав МИА и Российской инженерной академии (РИА). Книга составлена по материалам Международной научно-практической конференции, проведенной в Москве 13 мая 2021 года.

В монографии представлены доклады президентов инженерных академий Азербайджана, Армении, Грузии, Казахстана, Киргизии, России, Таджикистана Узбекистана и руководителей ряда отраслей Белоруссии, Словении, Тайваня. Публикуются доклады авторов — членов Международной инженерной академии и других академий в составе МИА.

В этом масштабном издании представлен широкий перечень работ академий в области энергетики, в том числе ядерной, материаловедения, машиностроения, строительства, в том числе подземного, проблемы управления, в том числе с использованием цифровых систем, различные научно-образовательные вопросы и многое другое.

К сожалению, пандемия 2020 и 2021 годов задержала выход сборника в свет. Надеемся в дальнейшем делать более узкие монографические книжные выпуски по отдельным отраслям развития инженерной науки и техники.

В подготовке сборника статей активное участие приняли Л. А. Иванов, Ю. А. Климова, Т. Ю. Спирина, Н. Д. Чередниченко.

ISBN: 978-5-907292-46-8

© Международная инженерная академия, 2022
© ООО Издательский дом «Мастер», 2022

Предисловие

Международная инженерная академия продолжает свою деятельность, как организация, зародившейся в составе Инженерной академии СССР. После того, как произошло отделение стран СНГ в самостоятельные государства, как следствие, в рамках Инженерной академии СССР сформировались отделения стран, которые до этого входили в состав СССР — это Азербайджан, Армения, Белоруссия, Грузия, Казахстан, Киргизия, Российская Федерация, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан и Украина. Практически во всех странах на постсоветском пространстве на базе национальных отделений были образованы инженерные академии. И по инициативе этих академий была создана Международная инженерная академия. Процесс начался в 1991 году, а 10 февраля 1992 года МИА была закреплена документально. Международная инженерная академия с первых дней успешно продолжала развиваться и дальше, за пределы стран СНГ. Теперь она включает в свой состав ряд стран Европы, Азии и Америки:

- Азербайджанская инженерная академия;
- Инженерная академия Армении;
- Инженерная академия Грузии;
- Инженерная академия Кыргызской Республики;
- Инженерная академия Республики Таджикистан;
- Инженерная академия Украины;
- Инженерная Федерация Узбекистана;
- Национальная инженерная академия Республики Казахстан;
- Российская инженерная академия;
- Отделение МИА в Перу;
- Отделение МИА в Словении;
- Отделение МИА на Тайване;
- Центрально-Европейское Отделение МИА;
- Представительство МИА в Республике Беларусь.

В составе МИА ученые и инженеры занимаются всеми теми вопросами, которые связаны с научно-технической деятельностью. Это порядка 30 различных инженерных направлений, начиная от авиации и космоса. **Авиакосмическое** — одно из направлений, которым руководил наш известный ученый, создатель «Бурана», человек, который много времени посвятил и авиации, и космосу, Глеб Евгеньевич Лозинский. Он был одаренный ученый и возглавил секцию Инженерной академии, «Авиакосмическую». В Инженерной академии представлены весь спектр инженерных проблем, заканчивая Энергетикой, и даже ядерной энергетикой.

В работе МИА, в работе национальных академий целого ряда стран большое внимание отводилось **машиностроению**. Ведь такие системообразующие отрасли, как энергетику, нетрадиционную энергетику — ветровую и солнечную, тепловые системы, тепловые насосы, которые получили в последнее время развитие, можно было создать только на основе существования целого машиностроительного направления. Машиностроение — это первооснова развития всех отраслей, в том числе и авиация, и судостроение, и транспортное машиностроение, и станкостроение, и роботизации, и автоматизации — тех производственных процессов, которые развиваются в странах и входят в состав МИА в качестве инженерных направлений.

Пожалуй, трудно переоценить значение **информационных технологий**, которые получили как раз развитие в эти же двадцать лет, с 90-х годов до настоящего времени. Ведь информатика, прежде всего, это инструментарий, который позволяет собирать огромный объем информации, перерабатывать ее, классифицировать по различным направлениям. И, конечно, информатика обеспечивает возможность создания систем безопасности. Это безопасность зданий, сооружений, это безопасность транспортных полетов, в любых транспортных перемещениях, это вопрос, связанный с навигацией, созданием новых видов связи, с обеспечением управляемых подводных объектов, которыми мы занимаемся в настоящее время при разработке программы «Океан».

С тематикой **экологии** тесно соприкасается развитие водного хозяйства. Водное хозяйство призвано не только обеспечивать потребности в чистой питьевой воде, а также развитие мелиорации — обводнение и осушение сельскохозяйственных земель. Надо отметить, что в европейской части России, к сожалению, всего лишь 30% воды удовлетворяет требованиям международных стандартов для питьевой воды. Остальным жителям целого ряда городов приходится прибегать к очистке воды в домашних условиях или при помощи каких-либо локальных систем очистки. Поэтому вопросами фильтров различного рода, проблемами, связанными с утилизацией стоков, с ускорением процессов утилизации, с ускорением образования гумуса на базе этих стоков широко занимаются Академии.

Конечно, при этом возникают проблемы общей экологии, и мы начали заниматься ими. По крайней мере, первый большой форум был проведен на примере экологии больших городов. На этом представительном собрании обсуждались основные моменты, связанные с жизнедеятельностью городов, той опасностью, которая исходит от чрезмерного использования различных видов автомобильного транспорта, с необходимостью установки специальных фильтров на теплосистемы, которые существуют в больших городах. Необходимо защищать не только атмосферу, но и воду, и почву. И в этом отношении те животрепещущие проблемы, которые поднимались на международном форуме «Экология больших городов», до сих пор имеют существенное значение для жизнеобеспечения мегаполисов странах.

В последние годы Инженерные академии активно работают в области развития нанотехнологий. **Нанотехнологии** — это не просто красивое слово. Мелкозернистые структуры материалов, как давно известный факт имеют гораздо более высокую прочность, чем крупнозернистые. Например, гранит, который традиционно добывался для Москвы в районах Карелии, имеет не самое лучшее качество из-за крупных включений различного вида зерен. А другой гранит на Украине, — мелкозернистый, отличного качества и обеспечивает длительную, на многие сотни лет, сохранность в условиях воздействия атмосферы. То же самое и с любым другим материалом: если мы создаем более мелкую зернистую структуру, то получаем материалы высокого качества. По этим принципам уже десятки лет работает порошковая металлургия. Когда нам от металлургических изделий требуется высокая трещиностойкость, высокая сопротивляемость различного рода динамическим нагрузкам, то мы такой материал изготавливаем (обычно для турбин, для самолетостроения) в условиях порошковой металлургии. То же самое в электронике: память в электронике увеличивается в сотни раз, если мы вместо микроструктур, электронных чипов, создаем структуру на наноуровне. Например, такого рода материал в устройстве размером всего лишь со спичечный коробок обеспечивает хранение всей информации например для Национальной библиотеки Соединенных Штатов Америки.

В начале 2019 года по инициативе ООН мировая общественность отметила 150-летие периодической таблицы. В последние годы в академии было сформулировано новое направление развития периодической системы, что позволит создать цифровую модель для предварительного обсчета новых молекул, а затем уже и их создания. Предложена Объемная матрица химических элементов в виде **3D-спирали**, которая позволяет создать такую цифровую модель, спрогнозированы новые 100 элементов: описаны их атомные массы и электронные строения оболочек.

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ

Гусев Б. В.,

*Президент Международной инженерной академии,
докт. техн. наук, проф., лауреат 7-ми Государственных премий
и премий Правительства СССР и РФ*

Международная инженерная академия продолжает свою деятельность как организация, зародившаяся в составе Инженерной академии СССР.

В результате серьезной подготовительной работы, прежде всего, среди организаций Союза научно-технических обществ СССР и ряда крупнейших научно-исследовательских институтов (НИИ), была организована Федерация инженеров СССР. В рамках Федерации был создан оргкомитет по формированию Инженерной академии СССР (сопредседатель — вице-президент Федерации инженеров СССР Б. В. Гусев), который в течение 1989–1990 годов провел активную и плодотворную работу по подготовке общественного мнения на всей территории бывшего СССР. В итоге на первом Общем собрании Инженерной академии СССР (протокол № 1 от 24 марта 1990 г.) был принят Устав, выбраны первые 25 действительных членов Инженерной академии СССР и избран первый Президент академии — Б. В. Гусев.

Начало академии было положено с регистрации Инженерной академии в Москве 13 мая 1990 года. Понимая, как сложно будет получить широкое признание без поддержки государственных структур, Президиум академии начал активный процесс утверждения Устава академии в министерствах и ведомствах СССР и РСФСР. Уже 21 мая 1990 года Устав Инженерной академии был утвержден в Минвузе РСФСР, затем соответственно: 29 мая — Минавтосельхозмаше СССР и Госкомлесе СССР, 1 июня — Минэлектропроме СССР, 7 июня — Миннефтегазстрое СССР и Союзстройматериалах, 13 июня — в Минэнерго СССР и Минуралсибстрое РСФСР, 15 июня — Минмедпроме СССР, 16 июня — Минтрансстрое СССР и Минсевзапстрое РСФСР, 19 июля — Минмонтажспецстрое СССР и Минвостокстрое РСФСР, 24 июля — Минсудпроме СССР, а затем и в других министерствах и ведомствах.

Устав утвердили министры (руководители ведомств) или заместители министров (руководителей ведомств): О. Г. Анфимов, Ю. П. Баталин, Б. Н. Белоусов, И. Н. Букреев, В. М. Величко, В. Н. Забелин, С. В. Колпаков, Е. Б. Левичев, А. И. Макаренко, Ю. Л. Назаров, И. Ф. Образцов, Н. А. Паничев, Э. К. Первышин, П. А. Полад-Заде, В. И. Решетилов, Г. Б. Строганов, В. И. Сухих, Е. В. Филиппов, В. С. Черномырдин, В. Г. Чирсков, М. С. Шкабардня, М. И. Щадов и др.



Большую поддержку в становлении и развитии Инженерной академии СССР оказали: Государственный комитет СССР по науке и технологиям (академик Н. П. Лаверов), Академия наук СССР (академик Г. И. Марчук), Президиум Союза научных и инженерных обществ СССР (академик Ю. А. Ишлинский) и Правление Научно-промышленного союза СССР (А. И. Вольский).

Весомый вклад в организацию деятельности академии внесли; почетные президенты, академики Академии наук (АН) СССР А. Ю. Ишлинский, Б. Е. Патон, К. В. Фролов и Совет старейшин, который состоял из академиков АН СССР. Сопредседателями Совета старейшин академии были избраны А. Ю. Ишлинский, И. А. Глебов, а членами Совета — С. В. Вонсовский, Д. Г. Жимерин, Б. П. Жуков, Н. Н. Ковалев, К. С. Колесников, Я. М. Колотыркин, С. В. Колпаков, В. А. Котельников, Н. Д. Кузнецов, Б. Н. Ласкорин, Г. Ф. Николаев, Б. Е. Патон, Г. П. Свищев, К. С. Силин.

Большое участие в становлении академии приняли крупные государственные деятели и организаторы производства, выдающиеся ученые и инженеры-практики: С. А. Абдраимов, В. Н. Анциферов, Ю. П. Баталин, В. М. Бондаренко, Б. В. Будзуляк, И. Н. Букреев, С. Н. Булгаков, А. И. Васильев, Ю. С. Васильев, Л. И. Волков, И. И. Ворович, У. А. Джолдасбеков, Б. Т. Жумагулов, В. К. Кабулов, В. Я. Карелин, И. П. Ксенович, Г. Е. Лозино-Лозинский, А. Ф. Мехтиев, И. В. Прангишвили, Б. С. Сажин, Ю. П. Самарин, А. Н. Семенов, А. И. Федотов, Ю. Е. Ходжамирян, Ю. А. Яшин.

Примером государственного подхода стало принятие 22 августа 1991 года Постановления Государственного комитета СССР по науке и технологиям, подписанное заместителем Председателя Совета министров СССР, Председателем ГКНТ академиком АН СССР Н. П. Лаверовым «Об Инженерной академии СССР». Этим Постановлением под научно-методическое руководство академии было передано более 100 научно-производственных объединений, НИИ и конструкторских бюро (КБ).

Следует отметить большую поддержку Государственных структур СССР в развитии Инженерной академии СССР.

СОВМЕСТНОЕ ПОСТАНОВЛЕНИЕ

Государственного комитета СССР по науке и технике Академии наук СССР, Правления Научно-промышленного союза СССР, Президиума Союза научных и инженерных обществ СССР

Исходя из интересов технологического прогресса страны, консолидации и активизации инженерного корпуса, повышения престижа и социальной значимости инженерного труда, ГКНТ СССР, Академия наук СССР, Правление Научно-промышленного союза СССР, Президиума Союза научных и инженерных обществ СССР постановили:

Поддержать решение расширенных собраний инженерной общественности от 24 марта, 11 июня, 13 июля 1990 года / об учреждении Инженерной академии СССР как общесоюзной самоуправляемой организации, действующей на основе законов СССР и Устава Академии в области инженерных и прикладных научных исследований, внедрения результатов науки в производство, подготовки и переподготовки инженерных кадров.

Одобрить проект Постановления Совета министров СССР «Вопросы Инженерной академии СССР» и внести его на рассмотрение Совета министров СССР.

Председатель ГКНТ СССР

Н. Л. Лаверов

Председатель бюро отделения
проблем машиностроения, механики
и процессов управления АН СССР,
вице-президент АН СССР

К. В. Фролов

Президент Научно-промышленного
союза СССР

А. И. Вольский

Председатель правления Союза
научных и инженерных обществ СССР

А. Ю. Ишлинский

АКАДЕМИЯ НАУК

СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

Председателю
Совета Министров СССР
т. Рыжкову Н. И.

Глубокоуважаемый Николай Иванович!

В соответствии с Вашим поручением Президиум Академии наук СССР рассмотрел вопрос о создании Инженерной академии СССР.

Фундаментальные исследования, проводимые в институтах и учреждениях АН СССР, постоянно приводят к появлению значительного числа предложений по созданию опережающих технологий, превосходящих мировой уровень. Они могли бы обеспечить конкурентоспособность производимой на их основе продукции не только на внутреннем но и на мировом рынке. Вместе с тем такие опытно-лабораторные разработки при их реализации в промышленности требуют специальных дополнительных исследований с учетом имеющихся в промышленности технологических линий, опыта и предполагаемого объема производства. Такую задачу решали отраслевые институты промышленных министерств. Однако, действующий хозяйственный механизм не в полной мере обеспечивает необходимую восприимчивость предприятий промышленности к научно-техническим достижениям, их заинтересованность в освоении производства новой высокотехнологичной продукции.

Исходя из этих соображений, Президиум АН СССР считает полезным создание Инженерной академии СССР на базе переданных ей наиболее важных и мощных отраслевых инженерных институтов, СКБ, проектно-конструкторских и опытно-производственных предприятий.

В этих условиях Инженерная академия СССР явится звеном в реализации результатов фундаментальной науки, доведения лабораторных технологий до уровня ОКР, апробирования новых технологий, а также подготовки и переподготовки инженерных кадров широкого профиля.

Создание Инженерной академии СССР способствовало бы развитию инженерной мысли, свободной от ведомственных интересов, повышению квалификации инженерных кадров, подняло бы престиж звания инженера, обеспечило бы широкий прорыв на международный рынок.

Академия наук СССР будет активно участвовать в организации Инженерной академии СССР, в разработке ее Устава и в проведении выборов в академию. С этой целью АН СССР определит группу членов АН СССР — представителей технических направлений в химии, физике, геологии, механике, информатике и других областях.

Президиум АН СССР поддерживает просьбу ГКНТ, Научно-промышленного Союза СССР и Союза научных и инженерных обществ СССР о создании Инженерной академии СССР. Мы согласны с представленным проектом Постановления Совета министров СССР. В пункте 2 указанного проекта в перечне учредителей Инженерной академии СССР целесообразно заменить Отделение проблем машиностроения, механики и процессов управления АН СССР на Академию наук СССР.

Президент Академии наук СССР
академик

Г. И. Марчук

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ**

ПОСТАНОВЛЕНИЕ
от 22 августа 1991 г. N 1178

Об Инженерной академии СССР

Государственный комитет СССР по науке и технологиям **ПОСТАНОВЛЯЕТ:**

1. Признать необходимым усилить взаимодействие Государственного комитета СССР по науке и технологиям с Инженерной академией СССР в целях сосредоточения интеллектуальных усилий инженерной общест-венности на решении важнейших проблем научно-технического прогресса страны, реализации крупных проектов в области наукоемких технологий, материалов, техники новых поколений, информатики, геологии, транспорта и других, на обеспечении роста престижа инженерного труда в обществе.

2. Одобрительно отнестись к предложениям Министерства авиационной промышленности СССР, Министерства автомобильного и сельскохозяйственного машиностроения СССР, Министерства атомной энергетики и промышленности СССР, Министерства металлургии СССР, Министерства общего машиностроения СССР, Министерства радиопромышленности СССР, Министерства социального строительства и монтажных работ СССР, Министерства транспортного строительства СССР, Министерства электронной промышленности СССР, Министерства химической и нефтеперерабатывающей промышленности СССР, Министерства энергетики и электрификации СССР, Министерства электротехнической промышленности и приборостроения СССР, Государственной ассоциации промышленности строительных материалов, Государственного акционерного объединения «Станкоинструмент», Комитета по информатизации при Кабинете Министров СССР, Государственного комитета по легкой промышленности при Госплане СССР, Государственного концерна «Тяжэнергомаш», Государственного концерна «Нефтегазстрой», машиностроительного концерна «Химнефтемаш», концерна «Полиграфмаш», концерна «Цемент», концерна «Стройдормаш», межотраслевого государственного объединения «Строммаш» и Инженерной академии СССР о том, что Инженерная академия СССР будет осуществлять научно-методическое руководство деятельностью научно-исследовательских организаций согласно приложению.

3. Принять к сведению и руководству, что Кабинет Министров СССР распоряжением от 5 августа 1991 г. N 8555 поручил Государственному комитету СССР по науке и технологиям предоставить Инженерной академии СССР в аренду помещения в здании Комитета.

Председатель
Государственного комитета СССР
по науке и технологиям

Н. П. Лаверов

УТВЕРЖДЕН
Учредительным собранием Между-
народной инженерной академии
17 декабря 1991 г., г.Москва

Изменения и дополнения внесены
Общим собранием Междуна-
родной инженерной академии
27 ноября 1997 г., г.Москва

У С Т А В

МЕЖДУНАРОДНОЙ ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
"МЕЖДУНАРОДНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ"
(МИА)

После того, как СССР перестал существовать, возникла проблема передачи национальным отделениям Инженерной академии СССР возможность их преобразования в самостоятельные академии стран СНГ и создания Международной инженерной академии (МИА).

Руководство МИА встречалось с Президентами и с послами стран СНГ. К 1993 году национальные академии получили собственный высокий статус и избрали свое руководство в составе Международной инженерной академии.



Встреча с Президентом Армении Робертом Кочеряном



*Встреча с Президентом Грузии
Эдуардом Шеварднадзе*



*Награждение Президента Казахстана
Нурсултана Назарбаева
Большой золотой медалью*



*Встреча с Президентом Киргизии
Аскарком Акаевым*



*Встреча с Президентом Украины
Леонидом Кучмой*



*Председатель Правительства В.С. Черномырдин
на встрече с инженерной общественностью
Российской инженерной академии*



*Президент Республики Азербайджан
Гейдар Алиевич Алиев.*

Г. А. Алиев принял делегацию МИА. Состоялся длительный разговор, по итогам которого в 2005 году была создана Азербайджанская инженерная академия

После того, как произошло преобразование стран СНГ в самостоятельные государства, практически во всех странах на постсоветском пространстве в рамках Инженерной академии СССР были образованы инженерные академии: Армении, Азербайджана, Белоруссии, Грузии, Казахстана, Киргизии, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана, Российской Федерации и Украины. По инициативе этих академий была создана Международная инженерная академия. 10 февраля 1992 года МИА была закреплена документально. Деятельность Международной инженерной академии распространилась и за пределы стран СНГ. Теперь МИА включает в себя ряд страны Европы, Азии и Америки.

Инженерная азбука от «А» до «Я»

МИА занималась вопросами связанными с научно-технической деятельностью. Это порядка 30 различных инженерных направлений, начиная от авиации и космоса. Авиакосмическое — одно из направлений, которым руководил известный ученый, создатель «Бурана», человек, посвятивший свою жизнь авиации и космосу, Глеб Евгеньевич Лозинский. Этот ученый возглавил, по сути дела, первую по алфавиту секцию Инженерной академии, «Авиакосмическую». В МИА сегодня представлен весь спектр инженерных проблем, заканчивая ядерной энергетикой — практически по всем буквам алфавита существуют инженерные секции.

В работе МИА большое внимание всегда отводилось **машиностроению**. Машиностроение — первооснова всех отраслей, в числе которых: авиация, судостроение, транспортное машиностроение, станки, роботы, и автоматы тех производств, которые развиваются во всех странах мира. На основе машиностроения развиваются такие системообразующие отрасли как энергетика, и её подразделения — альтернативная энергетика (ветровая и солнечная), тепловые системы и другие.

Пожалуй, трудно переоценить значение **информационных технологий**, которые получили наибольшее развитие с 1990-х годов. Информатика, прежде всего, инструментарий, который позволяет собирать огромный объем сведений, перерабатывать их, классифицировать по различным видам

деятельности. Информатика обеспечивает возможность создания систем безопасности — безопасность зданий и сооружений, безопасность любых транспортных перемещений, это вопрос, связанный с навигацией, созданием новых видов связи, с управлением подводными объектами, которыми МИА занимаемся в настоящее время при разработке программы «Океан».

Все многообразии строительной отрасли

Нельзя не сказать о том, как в постсоветское время развивалось строительство. Климатические условия на нашей огромной территории отличаются друг от друга весьма существенно, разница температур может достигать до 20 — 30 градусов. Поэтому возведение объектов в районах вечной мерзлоты, а таких в России порядка 60 % — это целое направление в строительстве. Нарботки северных регионов применяются в других местностях, например, с горным ландшафтом. Особые требования к строительству предъявляются в сейсмических зонах многих странах. Там строительство требует специальных подходов для обеспечения сейсмобезопасности-сейсмозащиты, применения систем усиления-преднапряжения. Дополнительное напряжение в армировании всего здания получило широкое распространение в Грузии, а затем в других регионах и странах.

Еще одно направление в строительстве — подземное, которое имеет, безусловно, различную специфику: например, в Санкт-Петербурге, Москве, где присутствуют плывуны, и в гористой местности, где в основном скальные породы. Но, кстати говоря, скальные фундаменты являются наиболее выгодным вариантом для подземных сооружений — не требуют дополнительных укреплений.

Очень важным видом является создание теплоизоляционных материалов, дефицит которых ощущается во всех странах. Всегда считалось, что мы обеспечены ими на должном уровне, но оказалось, что даже для того, чтобы подняться до европейских норм (хотя температура у нас по сравнению с Европой отличается на 20 градусов), надо было бы увеличить тепловую защиту сооружений в 20 раз и коэффициент термической защиты в три раза. Существуют такого рода теплоизоляционные материалы, они появились в конце прошлого столетия, и сейчас достаточно широко используются — это пенобетоны, полистиролпенобетоны. Есть интересная технология, где полистирол погружается в состав цементного камня, и он уже не горит, и здания, можно сказать, становятся пожаробезопасными.

Транспорт нас связал в прямом и переносном смысле

Развитие транспортных систем также стало частью единой научно-технической деятельности Международной инженерной академии. Причем это широкий спектр работ, не только в строительстве железных и автомобильных дорог, которых явно не хватает. Проблема транспортного строительства возникает в связи с большой протяженностью нашей территории,

и в связи с большим количеством трудно доступных необжитых мест, куда сложно добраться. В МИА сегодня активно занимаются вопросами и количества дорог, и улучшением их качества.

Для целого ряда регионов мира сегодня стратегическое значение имеет морской транспорт. Причем, в Российской Федерации морской транспорт жизненно необходим в Арктике, для обеспечения судоходных маршрутов в течение всего года. Безусловно это требует создания ледокольного флота, способного раскалывать лед толщиной до двух метров. Транспортные средства подобного рода сегодня строятся на ОАО «Адмиралтейские верфи» — компании, которая является коллективным членом РИА.

От экологии дома к экологии планеты

С экологией тесно соприкасается развитие водного хозяйства, призванного обеспечивать потребности населения в чистой питьевой воде. Надо отметить, что в европейской части России, к сожалению, всего лишь 30 % воды удовлетворяет требованиям международных питьевых стандартов. Жителям целого ряда городов приходится прибегать к очистке воды в домашних условиях или при помощи каких-либо локальных очистительных систем. Наши академии широко занимаются насущными вопросами очистки воды. Конечно, при этом возникают проблемы всей экосистемы, мы начали работать и над этим. Первый большой форум был посвящен экологии мегаполисов. На нем обсуждались моменты, связанные с необходимостью установки специальных фильтров на теплосистемы больших городов. Понятно, что защищать надо и атмосферу, и воду, и почву, в частности, утилизацией стоков, образованием гумуса на этой базе.

Те животрепещущие проблемы, которые поднимались на международном форуме «Экология больших городов», до сих пор имеют существенное значение для жизнеобеспечения мегаполисов.

Но экология — это и новые технологии, которые позволили бы обеспечить меньшую нагрузку на окружающую среду. Может быть, подчас это связано даже с элементарными понятиями, с системой НЭП, то есть наведения элементарного порядка, который приучит, наконец, нас к бережному отношению к природе, которая не может самостоятельно утилизировать, к примеру, пластиковые пакеты, которые мы в огромном количестве выбрасываем на свалку. Поэтому вопросами экологии в быту надо заниматься в не меньшей степени, чем промышленными выбросами, в том числе выбросами углекислого и сернистых газов.

Подстраиваемся под природу

В последние годы Инженерные академии активно работают в области развития нанотехнологий. **Нанотехнологии** — это не просто красивое слово. Мелкозернистые структуры материалов, как давно известный факт, имеют гораздо более высокую прочность, чем крупнозернистые. Например, гранит, который традиционно добывался для Москвы в районах Карелии, име-

ет не самую лучшую структуру из-за крупных включений различного вида зерен. А гранит на Украине, — мелкозернистый, потому многие сотни лет хорошо сохраняется в условиях неблагоприятного воздействия атмосферы. То же самое и с любым другим материалом: если мы создаем более мелко зернистую структуру, то получаем материалы более высокой марки. По этим принципам уже десятки лет работает порошковая металлургия. Когда нам от металлических изделий требуется повысить трещиностойкость, сопротивляемость различного рода динамическим нагрузкам (например в самолетостроении у турбин) — мы этот материал создаем в технологиях порошковой металлургии.

Нанотехнологии сегодня — это порошки. Но порошки еще в сотни раз более мелкие, чем в порошковой металлургии. Соответственно качество таких материалов, их технические характеристики возрастают на порядок, в десятки раз. Вопрос нанотехнологий, которые обеспечат качество промышленной продукции будущего, связан с изготовлением таких материалов. Прежде всего с такого рода структурами мы сталкиваемся в биотехнологии: где живое воссоздает себя самопроизвольно. Нам остается только подстроиться под природу.

То же самое в электронике: память в электронике увеличится в сотни раз, если мы вместо микроструктур, электронных чипов, создадим структуру на наноуровне. Например, такого рода материал в устройстве размером всего лишь со спичечный коробок обеспечивает хранение всей информации например для Национальной библиотеки Соединенных Штатов Америки.

Будущее началось вчера

Все наши собрания МИА были построены на том, чтобы комплексно обсуждать развитие отраслей. И нас особенно волновало, самодостаточное развитие пищевой, перерабатывающей, текстильной промышленности. Именно здесь, при создании предприятий малого бизнеса, продавая не только пищевое сырье, но занимаясь его переработкой, можно обеспечить более высокую прибыль. При таком комплексном развитии, когда мы вместо использования лишь сырьевой углеводородной базы, например, нефти, начнем производить бензин и все остальные виды переработки нефти — мы получим уже не в 10, а в десятки раз продукцию с более высокой ценой.

То же касается комплексной переработки древесины. Если просто-напросто продавать кругляк — мы получаем одну стоимость, а за переработанную древесину, особенно модифицированную, защищенную от всякого рода заражений грибами, от возгораний — мы можем получить в сотни раз более высокую прибыль. Поэтому, конечно, не сырьевой вариант технологии, а вариант создания комплекса переработки сырьевых ресурсов, обеспечит стране гораздо более высокие доходы по сравнению с существующими.

В области материаловедения ведутся работы по наномодифицированию бетонов, что позволило существенно повысить их прочность в 2,5–3 раза и, особенно, долговечность в 5–7 раз за счет измельчения минеральных добавок на гидродинамических установках (кавитаторах) для введения в состав бетонной смеси.

В области машиностроения успешно ведутся работы по роботизации технологических процессов в кораблестроении.

Можно отметить работы в области решения экологических проблем. Одной из уникальных работ является создание биогазовых установок, которые позволяют получать биогаз из органических отходов при критических температурах до 500 °С и давлениях, порядка 150 атмосфер.

В начале 2019 года по инициативе ООН мировая общественность отметила 150-летие Периодической таблицы Д. И. Менделеева. В Российской инженерной академии ведутся работы по созданию Цифровой модели таблицы Д. И. Менделеева. Предложена Объемная матрица химических элементов в виде 3D-спирали, которая позволяет создать эту цифровую модель. Спрогнозированы новые 100 элементов: описаны их атомные массы и электронные строения оболочек.

Кредо академии на всех этапах ее развития основывается на содействии укреплению инженерного потенциала стран, в которых работают члены академии, с целью улучшения духовной, экономической, экологической и социальной жизни человека. Направления деятельности МИА определяются особенностями и потребностями этого духовного, экономического, научно-технического развития каждого из государств.

Основные итоги работы национальных академий, отделений и представительств МИА за последние годы

Азербайджанская инженерная академия — созданы озонаторы, используемые для дезинфекции зернохранилищ и предпосевной обработки. В результате обеспечены экологические условия для сохранности зерновых культур, как для пищевого применения, так и генетического фонда. В соответствии с требованиями по обеспечению сохранности овощей и фруктов созданы прецизионные озонаторные системы с автоматическим регулированием дозы озона. Разработан и внедрен в ПО «АзНефть» привод бесшатунного нефтяного компрессорного оборудования.

Инженерная академия Армении — разработаны и внедрены новые безотходные экологически чистые технологии, альтернативные энергетические установки (ветровые, геотермальные, солнечные). Реализованы задачи, связанные с мониторингом отрасли, составлением банка данных о научно-технических разработках, выполненных в Армении.

Инженерная академия Грузии — получены важнейшие результаты в области опытно-промышленных испытаний растворимости озона в воде и его распределения в водяном столбе, исследования деформации бетона методом голографической интерферометрии, мультифункциональных магнит-

ных наносистем медицинского назначения, создания инновационных приборов для обнаружения утечки газа и др.

Инженерная академия Кыргызской Республики — выполнена НИР «Разработка новых принципов построения высокопроизводительных, многофункциональных машин аппаратов и устройств для энерго- и ресурсосберегающих технологий». Выполнена НИР «Инновационные технологии горнодобывающего и машиностроительного комплексов Кыргызской Республики».

Национальная инженерная академия Республики Казахстан — созданы инновационные технологии в области добычи и переработки полезных ископаемых, разработка технологической схемы контейнерного подъемно-перегрузочного пункта в карьере и на отвале. Отвалообразование с использованием подъемных машин при доставке породы в контейнерах оригинальной конструкции позволит снизить удельные затраты и сократить площади внешних отвалов. В результате применения, данная технология обеспечит: 80 % извлечения золота, снижение затрат до 30 %, рост производительности труда до 40 %.

Выполнены разработки по созданию высокопроизводительных систем имитационного моделирования с использованием CUDA-технологии и технологии создания суперкомпьютерного гибридного кластера с применением GPU-процессоров, что позволит выйти на новые алгоритмы в решении технологических проблем и ресурсоемких 3D задач в геотехнологии и других сферах экономики.

Инженерная академия Республики Таджикистан — разработаны схемы обогащения сурьмяных, сурьмяно-ртутных золотосодержащих, фосфоритовых, содержащих золото и ряда других руд. На Адрасманском ГОКе при обогащении медно-висмутовых и свинцовых руд внедрена технология с применением реагента «Оксафор-1107» со значительным экономическим эффектом.

Инженерная академия Украины — создан новый высокоэкологичный и надежный турбоагрегат К-325-23,5. Авторский коллектив удостоен Государственной премии Украины в области науки и техники. Разработана технология и освоено производство силовых кабелей из сшитого полиэтилена на напряжение до 330 кВ, что стало отечественной базой для изготовления стратегически важной и экономически эффективной силовой кабельно-проводниковой продукции мирового уровня. Авторский коллектив удостоен Государственной премии Украины в области науки и техники.

Российская инженерная академия — получены важнейшие результаты по физико-химии процессов взаимодействия и структурные превращения в порошкообразных гетерогенных системах при создании материалов с заданными свойствами; по химическому наноконструированию композиционных самосмазывающихся материалов и износостойких коррозионноустойчивых покрытий с заданными техническими характеристиками, отработка технологии их производства и внедрение разработок в промышленность.

Совместно с Правительством Кемеровской области в Кузбассе успешно реализован первый проект по безлюдной выемке угля в условиях шахты «Распадской» на запасах не пригодных для отработки подземным или открытым способом, построен разрез «Распадский» и выведен на мощность по добычи угля в 3 млн т.

В Дальневосточном отделении разработаны новые принципы, подходы и методы синтеза адаптивных, самонастраивающихся и оптимальных систем управления подводными роботами в условиях переменности их параметров с учетом ограничений мощности исполнительных элементов и дефектов их элементов.

Разработаны предложения по модернизации Периодической таблицы химических элементов Д. И. Менделеева.

Созданы первые опытные образцы Установок утилизации органических отходов.

Инженерная Федерация Узбекистана — выполнен цикл научно-исследовательских и опытно — конструкторских работ по развитию теории и практики применения возобновляемых источников энергии в Узбекистане. По заказу ГАК «Узбекэнерго» была разработана «Концепция использования возобновляемых источников энергии в Узбекистане», определившая пути развития и меры стимулирования использования ВИЭ в республике. Благодаря этим работам в настоящее время в Республике бурно развивается строительство электрических станций с применением ВИЭ, получен значительный экономический эффект от внедрения.

Выполнены исследования по развитию сейсмодинамической теории сложных систем подземных сооружений. На базе результатов этих исследований были разработаны эффективные методы оценки сейсмического риска для городов Республики Узбекистан и практические рекомендации по уменьшению ущерба от землетрясений, а также скорректированы нормативно-технические базы проектирования и строительства зданий и сооружений в сейсмоопасных районах, что значительно способствовало дальнейшему развитию сейсмостойкого строительства в Республике.

Разработана и внедрена в нефтегазовой отрасли Узбекистана многоуровневая информационная система мониторинга и оперативного управления технологическими и организационно-производственными процессами в территориально распределенных сложных объектах. В результате внедрения получен значительный экономический эффект.

Отделение МИА в Словении — разработано новое поколение высокоэффективных материалов по звукоизоляции.

Отделение МИА на Тайване выполняет большую совместную работу по переработке отходов органики в электрическую энергию, в решении важнейших задач в области сейсмоки по созданию высокоэффективных демпфирующих материалов, строительству уникальных сооружений при высо-

кой сейсмической активности, созданию высокоскоростного транспорта и многих других.

Центрально-Европейское отделение МИА — создана сеть «Синергия» научно-образовательных центров по мехатронике, робототехнике и интеллектуальным производственным системам в ведущих технических университетах стран Центральной Европы (Польша, Румыния, Словакия) и стран бывшего Советского Союза: (Россия, Республики Казахстан, Кыргызская Республика, Украина).

Реализована Международная программа стажировки «Новые технологии и образование: мехатроника, робототехника и современные цифровые технологии» для представителей и руководителей школ, межшкольных образовательных центров и университетов.

Представительство МИА в Республике Беларусь — исследована технология NANOSPIDER™ при получении нановолокон методом электроформования. Изучены критерии фирмы «ELMARCOs.r.o.» при подтверждении возможности размещения закупаемого оборудования NSLAB 5600 S на ОАО «Завод горного воска». Определены научные и производственно-коммерческие организации, охваченные в ходе маркетинговых исследований рынка фильтрующих материалов и материалов с нанопокрытием. Выделены и проанализированы этапы исследований для внедрения технологии электроформования волокон в промышленность.

Определены полезные свойства хитина/хитозана, как биологически высоко активных биополимеров. Показано, что исследованиями хитозана в настоящий период занимаются в 15 странах, а также, что использование продукции на основе хитозана будет носить глобальный характер — известно более 70 направлений использования хитина и хитозана в различных сферах жизнедеятельности человека.

Создание новых структур МИА

В 2015 году на заседании Президиума Совета президентов Международной инженерной академии было принято решение о создании отделения Международной инженерной академии в Республике Перу. Для реализации этого направления была сформирована рабочая группа из членов Академии и представителей общественности Республики Перу. Члены рабочей группы провели большую работу по решению организационных и технических вопросов. В результате проделанной работы процедура регистрации Отделения Международной инженерной академии в Перу завершена в марте 2016 года.

В составе МИА более 1300 членов из 40 стран, среди которых президенты зарубежных государств и руководители правительств, видные ученые, общественные деятели и руководители крупных научных и промышленных структур.

В составе МИА представлены руководители стран, выдающие и известные ученые прошлого и нынешнего поколений:

Азербайджан: Мехтиев А. Ш., Пашаев А. М., Джанахмедов А. Х. и другие;
Армения: Амбарцумян С. А., Ходжамирян Ю. Д., Минасян С. А. и другие;
Грузия: Прангишвили И. В., Прангишвили А. И., Жордания И. С., Гор-
гидзе И. Д. и другие;

Казахстан: Назарбаев Н. А., Дхолдасбеков С. У., Жумагулов Б. Т., Нади-
ров Н. К. и другие;

Россия: Рыжков Н. И., Баталин Ю. П., Колпаков С. В., Яшин Ю. А. и дру-
гие;

Украина: Васильев А. И., Кучма Л. Д., Патон Б. Е., Подгорный А. Н.
и другие.

Совет Президентов и Президиум Совета Президентов МИА

Почетный президент Международной инженерной академии:

Ин Самуэл Иен-лян

Президент МИА:

Гусев Борис Владимирович — Президент Российской инженерной академии

Первые вице-президенты МИА:

Жумагулов Бакытжан Турсынович — Президент Национальной инже-
нерной академии Республики Казахстан

Прангишвили Арчил Ивериевич — Президент Инженерной академии
Грузии

Вице-президентами МИА:

Васильев Анатолий Иосифович — Президент Инженерной академии
Украины

Кальгин Александр Анатольевич — Заместитель Президента Российской
инженерной академии

Кожоголов Камчыбек Чонмурунович — Президент Инженерной академии
Кыргызской Республики

Минасян Сергей Ашотович — Президент Инженерной академии Армении

Пашаев Ариф Мир Джалал оглы — Президент Азербайджанской инженер-
ной академии

Разумеев Константин Эдуардович — Вице-президент Российской инже-
нерной академии

Саидмуродов Лютфилло Хабибуллоевич — Президент Инженерной акаде-
мии Республики Таджикистан

Чжэнь-Чуан Чэнь — Руководитель отделения МИА на Тайване

Иванов Леонид Алексеевич — Главный ученый секретарь МИА

Члены Совета Президентов МИА:

Гусев Борис Владимирович

Ин Самуэл Иен-лян

Жумагулов Бакытжан Турсынович — Президент Национальной инженер-
ной академии Республики Казахстан

Прангишвили Арчил Ивериевич — Президент Инженерной академии Грузии

Васильев Анатолий Иосифович — Президент Инженерной академии Украины

Кальгин Александр Анатольевич — Заместитель Президента Российской инженерной академии

Кожоголов Камчыбек Чонмурунович — Президент Инженерной академии Кыргызской Республики

Минасян Сергей Ашотович — Президент Инженерной академии Армении

Пашаев Ариф Мир Джалал оглы — Президент Азербайджанской инженерной академии

Разумеев Константин Эдуардович — Вице-президент Российской инженерной академии

Саидмуродов Лютфилло Хабибуллоевич — Президент Инженерной академии Республики Таджикистан

Чжэнь-Чуан Чэнь — Руководитель отделения МИА на Тайване

Иванов Леонид Алексеевич

Бакшеев Дмитрий Семёнович — Вице-президент Российской инженерной академии

Джанахмедов Ахад Ханахмед оглы — Вице-президент Азербайджанской инженерной академии

Кабулов Анвар Васильевич — Президент Инженерной Федерации Узбекистана

Каталинич Бранко — руководитель Центрально-Европейского отделения МИА

Никулин Валерий Александрович — Вице-президент Российской инженерной академии

Танин Леонид Викторович — Представительство МИА в Республике Беларусь

Фаликман Вячеслав Рувимович — Уполномоченный представитель Международного союза экспертов и лабораторий РИЛЕМ в странах Восточной Европы и Средней Азии

Эмри Игорь — Руководитель отделения МИА в Словении

Президиум Совета Президентов МИА:

Гусев Борис Владимирович — Президент Международной инженерной академии

Бакшеев Дмитрий Семёнович — Вице-президент Российской инженерной академии

Жумагулов Бакытжан Турсынович — Президент Национальной инженерной академии Республики Казахстан

Иванов Леонид Алексеевич — Главный ученый секретарь Международной и Российской инженерных академий

Ин Самуэл Иен-лянь — Почетный президент Международной инженерной академии

Кальгин Александр Анатольевич — Заместитель Президента Российской инженерной академии

Никулин Валерий Александрович — Вице-президент Российской инженерной академии

Разумеев Константин Эдуардович — Вице-президент Российской инженерной академии

Фаликман Вячеслав Рувимович — Уполномоченный представитель Международного союза экспертов и лабораторий РИЛЕМ в странах Восточной Европы и Средней Азии

Эмри Игорь — Руководитель отделения МИА в Словении.

Успешная работа членов МИА заслужила высокое международное и межгосударственное признание. Так, в 1993 году академия получила консультативный статус при ЮНИДО (Организация Объединенных Наций по промышленному развитию), а в 1997 году — статус наблюдателя при Постоянной комиссии Межпарламентской Ассамблеи государств — участников СНГ по вопросам культуры, науки, образования и информации.

МИА укрепляет связи и взаимодействует с более чем 20 инженерными академиями мира. Имеет постоянное организационное и творческое сотрудничество с Международным Союзом научных и инженерных обществ, Федерацией инженерных институтов исламских государств, активно взаимодействует с Международным Советом академий инженерных и технологических наук, Всемирной Федерацией научных работников, Международным союзом экспертов и лабораторий строительных материалов (RILEM), Национальными лабораториями прикладных исследований (Тайвань) и целым рядом других авторитетных организаций.

МИА выступала и выступает активным организатором крупных международных форумов, конференций и конгрессов. Среди них: Форумы «Использование космоса в мирных целях», «Международные Косыгинские чтения «Современные задачи инженерных наук»; Тайване-Российские чтения. Конференции — «Перспективные задачи инженерной науки», «Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов», «Малая и нетрадиционная энергетика, энергоэффективность», «Бетон и железобетон — взгляд в будущее».

Всемирный конгресс инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» прошел в Казахстане. На конгрессе выступали 4 Нобелевских лауреата и более 10 лауреатов премии «Глобальная энергия». Была развернута широкая дискуссия.

С участием МИА издаются более 50 научных и информационных периодических изданий, в числе которых: Среди них: «Авиакосмическая техника и технология», «Бетон и железобетон», «Вестник Азербайджанской инже-

нерной академии», «Вестник Инженерной академии Армении», «Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан», «Вестник Инженерной академии Украины», журнал «Инженер» Инженерной академии Кыргызской Республики, «Вестник Политехнического института Таджикского технического университета», «Вестник науки и образования Северо-запада России», «Инженерный вестник Дона», «Инженерные проблемы стабильности и конверсии», «Инновации и инвестиции», «Нанотехнологии в строительстве», «Наука и техника в Якутии», «Промышленное и гражданское строительство», «Энергобезопасность и энергосбережение», «Экономика и право», «Engineering in Kazakhstan», «International Journal of Simulation Modeling», «Mechanics of Time Dependent Materials» и многие другие. К 30-летию Инженерной академии СССР и Российской инженерной академии вышла книга «100 выдающихся ученых и инженеров Российской инженерной академии».

В настоящее время МИА совместно с национальными академиями, отделениями и представительствами выполняет ряд крупных межгосударственных программ, объединяющих усилия инженеров разных стран для решения важнейших задач в экономике, промышленности, строительстве, энергетике, экологии, сфере безопасности, инженерного образования и других направлениях инженерной деятельности.

ПРИОРИТЕТЫ АЗЕРБАЙДЖАНА: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ И НАРАЩИВАНИЕ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ

Пашаев А. М.,

президент Азербайджанской инженерной академии

Аннотация. В работе приводятся обзор и анализ работ, выполненных в Азербайджанской инженерной академии. Показано, что разработанные проекты и их реализация содействует развитию социально-экономического прогресса страны и ведет к современным структурным изменениям и развитию инновационных технологий.

Ключевые слова: энергетические проекты, наукоемкая технология, нефтяная отрасль, окружающая среда.

В современном мире энергетическая безопасность и наукоемкие технологии играют авангардную роль в развитии экономики и социальной сферы. Именно эти отрасли определяют спрос на достижения науки и создают базу для продвижения материальных и информационных новшеств. Размеры наукоемкого сектора и масштабы использования передовых технологий характеризуют научно-технический потенциал страны.

Научный, технический и экономический потенциал страны зависит от размера наукоемкого сектора и использования передовых технологий. Если раньше приоритетом нашей экономики был нефтяной сектор, то сегодня наряду с развитием нефтяной отрасли ищутся новые возможности для экономического развития. Страна вступила в пост-нефтяную эру. Как отмечал во многих выступлениях президент Азербайджана Ильхам Алиев, сегодня «мы должны сформулировать нашу экономическую стратегию так, как будто у нас нет нефти и газа». Исходя из этого, основной упор делается на достижения науки и поиск новых ресурсов, а также на расширение базы материальных, информационных и технологических инноваций.

Прежде всего, отмечу, что 30 ноября 2020 года исполняется 15 лет со дня основания Азербайджанской инженерной академии. За эти годы академия сформировалась, развивалась и заняла достойное место в обществе. Хотя 15 лет — не самый большой срок в истории, академия за этот короткий промежуток времени активно участвовала в реализации ряда важных проектов, важных для развития экономики страны.

В истории Азербайджанской науки много известных имен, открытий и достижений. Хотя путь ученого иногда бывает трудным, это профессия, которая объединяет творческих людей, которые вечно преданы своему делу и неустанно стремятся к наукоемким технологиям и инновациям, которые имеют несомненное влияние в обществе. Наука и технологии всегда были

двигателем развития общества, основой национальной экономики, инноваций и научно-технического прогресса. Развитие практических исследований ученых и инженеров сегодня является безусловным государственным приоритетом.

Академия объединяет в своих рядах докторов и кандидатов наук, профессоров и доцентов, основателей инженерных научных направлений ведущих исследовательских организаций и университетов. Среди членов Академии — лауреаты Государственной премии, заслуженные деятели науки и техники, обладатели других почетных званий. В настоящее время численность действительных членов и членов-корреспондентов Азербайджанской инженерной академии составляет 45 человек, в том числе 24 академика, 21 член-корреспондент, 1 почетный член академии и 4 иностранных члена академии.



Как известно, Азербайджанская Республика реализует государственную программу по созданию и развитию космической отрасли. Начало качественно нового этапа в развитии современной космической отрасли в Азербайджане положено с 4 ноября 2008 года, когда на орбиту были выведены телекоммуникационные спутники. Сегодня на орбиту выведен телекоммуникационный спутник, способный транслировать около 154 телеканалов и более 30 радиостанций. Ведущий спутниковый оператор на Южном Кавказе — **Azercosmos**. Телекоммуникационные спутники **Azerspace-1** и **Azerspace-2**, эксплуатируемые Azercosmos, предоставляют клиентам в Европе, Африке, на Ближнем Востоке, на Кавказе и в Центральной Азии высоконадежные и широкополосные решения. Спутник дистанционного зондирования Земли «**Азерский**» предоставляет качественные услуги по наблюдению Земли и геоинформации с высоким индексом (изображение 1,5 м).

Следует отметить, что наша страна приобрела положительный имидж в глазах мирового сообщества в организации и проведении масштабных форумов, конференций и симпозиумов, а также межкультурных диалогов и других мероприятий на высшем уровне. Стабильность в нашей стране

гарантирует высокий уровень международных мероприятий. С этой точки зрения имеет смысл провести Международный астронавтический конгресс в Баку в 2022 году, после полувекового перерыва во всем СНГ. Международная астронавтическая федерация, объединяющая 398 организаций из 68 стран, является самой престижной организацией в области космоса. Международный астронавтический конгресс, ежегодно проводимый в разных городах мира с 1950 года, можно считать главным мероприятием организации в космической отрасли. Во время Конгресса у участников будет возможность следить за актуальными тенденциями и последними инновациями в области космоса. Проведение конгресса на тему «Глобальные вызовы и возможности: дайте космосу шанс» в нашей столице для установления более тесных связей с различными компаниями и организациями в области космоса, для ускорения процесса передачи космических технологий в нашу страну, значительный вклад в развитие человеческих ресурсов и дальнейшее укрепление репутации Азербайджана как надежного партнера на международной арене. Впервые в своей истории наша страна пригласила более 6000 представителей мирового космического сообщества: ведущее космическое агентство и соберет руководителей исследовательских центров и международных организаций, а также известных ученых, профессионалов высокого уровня из частного сектора, молодых исследователей и студентов.

Принимая во внимание важность развития инфраструктуры и логистики для экономики Азербайджана, члены Азербайджанской инженерной академии также приняли активное участие в этих проектах.

В энергетическом секторе Азербайджана члены нашей академии участвуют в глобальном проекте Трансанатолийского газопровода (TANAP, часть проекта Южного газового коридора). TANAP поставляет газ с газоконденсатного месторождения Каспийский Шах Дениз в Турцию, а оттуда в Европу. Трансанатолийский газопровод — крупный проект в истории энергетики 21 века. TANAP объединяет семь стран: Азербайджан, Грузию, Турцию, Болгарию, Грецию, Албанию и Италию. Ожидается, что на следующем этапе к нему присоединятся Босния и Герцеговина, Хорватия и Черногория. Через два года будет запущен проект Трансадриатического газопровода (TAP). Маршрут TAP проходит через Албанию и Адриатическое море от турецко-греческой границы до юга Италии. Южный газовый коридор станет энергетическим мостом между Каспийским регионом и европейскими рынками и поможет диверсифицировать поставки энергии в Европу. Разработка второй фазы азербайджанского газоконденсатного месторождения Шах Дениз станет основным источником поставок по Южному газовому коридору.

АО «Азерэнерджи» при участии членов Азербайджанской инженерной академии построило новую малую гидроэлектростанцию «Север-2» мощностью 400 мегаватт (МВт) с самой высокой эффективностью на Южном Кавказе.

В области нефтехимических технологий ученые и инженеры Академии работают над разработкой нового состава ингибиторов коррозии для защиты

металлов в пластовых водах нефтегазовых месторождений, содержащих сероводород и диоксид углерода. Природные и синтетические ненасыщенные органические кислоты были использованы в качестве исходного сырья для нефтехимического синтеза при разработке ингибиторов. Получены многофункциональные и высокоэффективные ингибиторы коррозии, способные защищать насыщенный диоксидом углерода металл в пластовых водах.

Еще одной оригинальной разработкой наших ученых в области нефтехимической технологии является способ синтеза макроциклических соединений четвертичными аммониевыми центрами в кольце для улучшения реологических свойств нефтей. Это позволяет снижать вязкость тяжелых нефтей и уменьшить количество нефтяных смол.

Азербайджанская инженерная академия совместно с «Азербайджанскими авиалиниями» (AZAL) ведет активную работу по развитию и повышению профессионализма кадров в области авиации, расширению материально-технической базы. Центр подготовки пилотов, расположенный при Национальной авиационной академии Азербайджана, является основной базой для обучения персонала гражданской авиации Азербайджана. В этом году здесь был установлен новейший самолет Embraer E-190. В центре также находятся тренажеры для самолетов Embraer E-190 и Boeing 787 Dreamliner. На тренажере наряду с пилотами азербайджанских авиакомпаний проходят обучение пилоты зарубежных авиакомпаний.

Академия совместно с ЗАО АЗАЛ активно работает над проблемой снижения безопасности полетов, связанной с рассмотрением инфекционных заболеваний во время авиаперевозок. В настоящее время в академии ведется специальное научно-техническое направление с целью всестороннего изучения и использования озона в авиации по специально разработанной и представленной ИКАО и ВОЗ программе.

Один из самых перспективных ресурсов для нашей страны — это транзитный потенциал. Как известно, Азербайджан имеет исключительно выгодное географическое положение: страна расположена на перекрестке Европы и Азии, и с древних времен через нее проходили древние торговые пути, соединяющие две части света. Еще одним важным направлением экономики страны является эффективное использование стратегического географического положения страны и развитие транзита, транспортных услуг, превращение Азербайджана в международный транспортно-логистический центр. В прошлом году были запущены четыре важных проекта: международный пассажирский поезд по железной дороге Баку-Тбилиси-Карс, вокзальный комплекс Сабунчи, линия Сабунчи-Пиршаги Апшеронской кольцевой железной дороги и автомобильный тоннель вокруг Баку. Для удобства туристов на курортах прокладывают железнодорожные пути. Введен в эксплуатацию новый мост на российско-азербайджанской границе, который является частью международного транспортного коридора Север-Юг, ведется строительство железной дороги Астара-Решт.

Помимо железных дорог, ведутся работы по модернизации структуры Каспийского морского пароходства по двум направлениям: Баку-Актау-Баку; Ведутся работы по завершению строительства Баку-Туркменбаши-Баку, а также Бакинского международного порта и созданию свободной экономической зоны в поселке Алят со всей инфраструктурой и производственными площадями. Все эти структуры работают вместе над увеличением транзитного трафика.

В области применения промышленных инновационных технологий в регионах продолжается строительство сооружений для обеспечения жителей страны питьевой водой. Разработан новый блок автоматического управления модульным устройством очистки питьевой воды для жилых территорий со сложной и сильно загрязненной родниковой водой производительностью 36 и 60 тонн в сутки. Этот проект — один из важнейших проектов академии, направленных на применение промышленных инновационных технологий в сельской местности нашей страны.



В целях обеспечения продовольственной безопасности страны в области развития сельского хозяйства в агропромышленном секторе необходимо сделать акцент на разработке засухоустойчивых сельскохозяйственных продуктов, эрозии и программ водосбережения в предгорьях и на склонах предгорий. Специалисты нашей академии продолжают применять озонаторы для дезинфекции и предпосевной обработки зернохранилищ. Азербайджан тесно сотрудничает с Российской Федерацией в рамках межгосударственной программы по развитию сельского хозяйства.

В области международного сотрудничества Азербайджанская инженерная академия продолжает тесно сотрудничать с инженерными академиями ряда стран, особенно Международной инженерной академии и других стран — России, Узбекистана, Украины, Беларуси, Словении. АМА, являясь членом Федерации инженерных институтов исламских стран (IOIF), расширяет сотрудничество между IOIF и ее членами.

По мнению нашего инженерного общества, наш главный ресурс — это талантливые и образованные люди. Кадровый потенциал в основном обе-

спечивается в **Технопарке** и Доме студенческого творчества на базе Национальной авиационной академии. Также по инициативе Азербайджанской инженерной академии в Западном университете построен технопарк для студентов. Члены Академии работают в сфере управления качеством образования в вузах Азербайджана, а также подготовки высококвалифицированных специалистов, в том числе инженерных.

Ежегодно Национальная авиационная академия проводит «Февральские чтения», посвященные раскрытию и развитию творческого потенциала молодежи в решении аэрокосмических задач. Организаторами выступают Министерство образования Азербайджанской Республики, ЗАО «Азербайджанские авиалинии» (AZAL), Национальная авиационная академия, Азербайджанская инженерная академия и ОАО Azercosmos. В рамках «Февральских чтений» проводится ежегодная международная научно-практическая молодежная конференция «Творческий потенциал молодежи в решении аэрокосмических задач». В рамках «Февральских чтений» проводится ряд научно-практических семинаров и мастер-классов на тему «Творческий потенциал молодежи в решении аэрокосмических задач».

В прошлом году исполнилось 10 лет со дня выхода в свет первого номера научно-технического журнала «Вестник Азербайджанской инженерной академии», завоевавшего большой авторитет на международной арене. За десять лет журнал наглядно продемонстрировал достижения в области инновационных технологий и определил вектор их развития. Журнал освещает различные актуальные вопросы и показывает истоки научно-инженерного мышления. Таким образом, исследователи и специалисты черпают отсюда новые идеи, делятся своими новыми техническими разработками и опытом, идеями. Это вносит важный вклад в развитие важных многогранных направлений. Это также дает значительный импульс развитию аэрокосмической, механики, машиностроения, энергетики, нефтехимии, экономики, экологии и многих новых революционных отраслей — наноматериалов и нанотехнологий. Журнал активно участвует в научной жизни Азербайджана и зарубежных стран. Этот журнал, являющийся научным органом Академии, посвящен решению проблем, с которыми сталкиваются ученые всего мира. География его авторов и подписчиков довольно широка. Журнал — очень серьезная площадка для того, чтобы ученые и инженеры могли рассказать о своих концепциях, идеях, открытиях и изобретениях. Журнал «Вестник Азербайджанской инженерной академии» публикует статьи на трех языках. Журнал зарегистрирован в международной аналитической системе научного цитирования SCOPUS и публикует материалы с помощью коммерческой базы данных. Полнотекстовая электронная версия журнала доступна на базе Российской универсальной научной электронной библиотеки и включена в проект «Индексация российских научных цитат» (RESI), а рейтинг журнала определяется коэффициентом. Опубликованная статья присваивается Цифровой Идентификатор Объекта DOI. Журнал лицензирован по междуна-

родной лицензии Creative Commons Attribution — NonCommercial 4.0, а также готовится к размещению в международных базах научного цитирования Web of Science (WoS) и Global Impact Factor (GIF).

За прошедший год членами нашей академии опубликованы десятки книг, монографий, учебников, в том числе «Наноструктура поверхностей», «Фрактальный подход к трибологии эластомеров», «Трибология», «Философия инженерии» и другие. Опубликовано 65 научных статей, получено 8 патентов (а также евразийских патентов). За большой вклад в развитие машиностроения члены Академии награждены государственными, государственными и общественными организациями, награждены 2 орденами и 8 медалями. Один человек был удостоен звания «Заслуженный инженер», а три человека удостоены почетного звания «Инженер года» за свои инженерные работы. Один член Академии награжден Премией науки и инноваций и дипломом первой степени. За прошедший год проведено 6 конференций, 3 круглых стола и 3 семинара. По итогам года был проведен конкурс по отбору 3-х лучших научных статей, опубликованных в журнале Академии, учреждены дипломы и денежные призы, которые вручены победителям. Конкурс «CanSat Azerbaijan — 2019» проводился с участием молодежи. Наша Академия, ее научные и инженерные силы активно участвуют в решении важных задач по развитию экономики Азербайджана. Особое внимание мы уделяем индустриально-инновационному сектору и вместе с Международной инженерной академией разрабатываем новые предложения по реализации крупных научных проектов по наращиванию наукоемких отраслей.

Прошлый год был продуктивным для Азербайджанской инженерной академии, поскольку она участвовала во многих новых энергетических проектах, таких как восстановление экономики, реализация крупных инфраструктурных проектов и проведение крупномасштабных региональных и международных саммитов.

Надеюсь, что достижения академии будут расти, в будущем будет развиваться международное сотрудничество с разными странами, границы академии расширятся с другими академиями, а интеграция инженерных идей в мировое сообщество ускорится.

ИННОВАЦИОННОЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КАК ГЛАВНАЯ МИССИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Минасян С. А.,

*Президент Инженерной академии Армении, вице-президент
Международной инженерной академии, заслуженный инженер России,
д.т. н., профессор*

В последнюю четверть XX века человечество вступило в новую стадию своего развития — стадию построения постиндустриального общества, которое является результатом происходящей в современном мире социально-экономической революции. Известно, что в основе каждой социально-экономической революции лежат свои специфические технологии, производственно-технологические системы и производственные отношения. Для постиндустриального общества эту роль, прежде всего, играют информационные технологии и компьютеризированные системы, высокие производственные технологии, являющиеся результатом новых физико-технических и химико-биологических принципов, и основанные на них инновационные технологии, инновационные системы и инновационная организация различных сфер человеческой деятельности. Ее конечным результатом должно стать создание новой формы организации экономики - инновационной экономики, столь необходимой в условиях современного структурного кризиса, вызванного пандемией, войнами и прочими факторами. В этой связи значительна интеграционная роль Российской (РИА) и Международной инженерных академий (МИА) как организаций, внесших существенный вклад в становлении и научно-инженерном обосновании самой идеи инновации.

Интеграционные и инновационные задачи, отмеченные выше, ставит перед собой также Инженерная академия Армении, действующая в непосредственной кооперации с Российской и Международной инженерными академиями. Интеграционная работа, проводимая академиями, есть свидетельство глобального, наднационального мышления ее членов. Российскую и Международную инженерные академии создавали люди, воспитанные в едином образовательном пространстве, деятельность которых была направлена на развитие всей территории Советского Союза. В XXI веке, когда современные вызовы мировой экономики обусловлены стремительными темпами изменения и модернизации наукоемких отраслей, а также инновационных технологий, Российская и Международная инженерные академии выполняют ключевую миссию по объединению и систематизации международного инженерного потенциала. Сегодня это важнейшая научная структура, объединяющая в себе людей, которые активно способствуют сохранению и развитию интеллектуального потенциала науки

и техники по основным инженерным направлениям путем эффективной реализации достижений фундаментальной науки в производственной сфере. В числе основных направлений деятельности РИА и МИА следует выделить информатизацию общества на основе использования современных информационных технологий, разработку системы контроля технического состояния комплексов и систем различного назначения, использование изделий и технологий двойного назначения при создании высокотехнологичной продукции и диверсификацию оборонно-промышленного комплекса, применение в промышленности нанотехнологий и наноматериалов и пр. Вместе с тем приоритетными направлениями для РИА и МИА продолжают оставаться развитие машиностроения, разработка новых конструктивных решений в сфере строительства, энергетики и ресурсосбережения, совершенствование биотехнологий и т.д. Также РИА и МИА выступает в качестве активного организатора различных научных мероприятий международного формата, создавая необходимые условия для взаимодействия представителей национальных инженерных академий, а также представителей бизнеса. В целом, можно констатировать, что РИА и МИА с самого начала своей деятельности развернула целенаправленную работу по созданию устойчивой связи между наукой и производством, по решению комплекса задач практического использования результатов фундаментальных исследований в производственных процессах. Важно отметить, что только Инженерной академии СССР в лице РИА и МИА до настоящего времени удалось сохранить единое научное и инженерное пространство в пределах бывшего Советского Союза. РИА и МИА создавали люди, воспитанные в едином образовательном пространстве, и их деятельность была прежде всего направлена на развитие единой, наднациональной науки. Вместе с тем РИА и МИА развивают связи также за пределами постсоветского пространства, в частности, сотрудничая с инженерными организациями США, стран Скандинавии, Китая, Сербии, Польши, Черногории и т.д.

Среди работ, направленных на инновационное развитие, в которых Инженерная академия Армении участвовала совместно с РИА и МИА, следует, например, выделить создание инновационной экологически чистой высокотемпературной технологии газификации любых сортов и видов твердого топлива в шлаковом расплаве. Также в результате тесной кооперации с РИА и МИА разработана уникальная технология по производству молибдата аммония из отходов концентрата молибдена. Создана рациональная технология переработки отходов молибденовых руд. Решена серьезная экологическая проблема, связанная с возникновением диоксида серы при производстве молибдена. Организована экологическая экспертиза, согласно которой все отходы находятся в рамках нормативных требований.

Также следует остановиться на сфере информационных технологий, которые стали одной из быстро развивающихся отраслей Армении. До 1990 г. в Армении была централизована существенная часть промышленности Ин-

формационных технологий СССР с большим потенциалом специалистов. В результате распада Советского Союза большая часть высококвалифицированных специалистов отрасли переквалифицировалась или потеряла квалификацию. В Республике Армения компании, занимающиеся высокими технологиями, особенно Информационными технологиями, свою деятельность начали активизировать с 1996г. Особенно существенные сдвиги были зафиксированы в 2000-х гг. Действующие компании представляют почти весь спектр работ сферы Информационных технологий. Причем технический уровень продукции местных компаний соответствует уровню аналогичной продукции иностранных компаний.

Определенные успехи были зафиксированы также в таких отраслях экономики Армении, как машиностроение, легкая промышленность, производство драгоценных камней и ювелирных изделий и др.

Сегодня развитию экономики Армении сильно препятствует непрерывный рост дефицита внешней торговли. Для поэтапного сокращения торгового дефицита необходимо проведение инвестиционной, налоговой и таможенной политики, направленной на стимулирование промышленного экспорта и импортозамещение, а также ориентация аграрной политики на повышение эффективности сельского хозяйства, что будет одновременно способствовать сокращению импорта продовольствия.

Слабая экономика всегда сильно подвержена колебаниям на мировом рынке. Поэтому крайне необходима диверсификация экономики Армении с приоритетным развитием ее реального сектора. Необходимо проведение экономической политики, направленной на максимальное комплексное использование внутренних источников развития — имеющихся ресурсов и организация на их базе производств с широким ассортиментом конечной продукции, сельского хозяйства, возобновляемых и альтернативных источников энергии, туристических и лечебно-рекреационных ресурсов.

Именно такие задачи и ставит перед собой Инженерная академия Армении, действующая в непосредственной кооперации с Российской и Международной инженерными академиями. Интеграционная работа, проводимая РИА и МИА, есть свидетельство глобального, наднационального мышления ее членов. Международная инженерная академия уже более 20 лет ставит своей целью объединить усилия национальных инженерных организаций, нацелить на решение инженерных задач. Международную инженерную академию первоначально создавали люди, воспитанные в едином образовательном пространстве, деятельность которых была направлена на развитие всей территории Советского Союза. Таким образом, РИА и МИА являются теми платформами, на которых в последние десятилетия сохранялось единое инженерное пространство республик — ныне стран СНГ. Примечательно, что для Армении и, в частности для Инженерной академии Армении сегодня создается уникальная возможная полноценной интеграции с коллегами из России, Белорусии и Казахстана в связи

с членством Республики в ЕАЭС. Это, безусловно, даст новый толчок развитию наших структур, создаст благоприятные условия для осуществления совместных международных проектов.

Очевидно, что Евразийский экономический союз не ограничивается лишь кооперацией с вышеназванными членами, но также активно ищет пути взаимодействия и с другими потенциальными партнерами — Ираном, Китаем, Индией и т.д. Инженерная академия Армении рассматривает этот интеграционный процесс в качестве базовой инфраструктуры для своего развития и дальнейшего становления в качестве субъекта международных отношений в научно-образовательной, а также гуманитарной сферах.

Инженерная академия Армении за последние несколько лет разработала и представила множество разработок и предложений, которые могут быть интересны также нашим зарубежным партнерам как по Евразийскому экономическому союзу, так и другим международным организациям. Речь идет о разработках в сфере химической промышленности, исследованием рудных и нерудных полезных ископаемых, переоборудованием котельных в теплоэлектроцентрали с газотурбинными установками, сейсмостойким строительством, военно-промышленными направлениями. Важно при этом отметить, что указанная интеграция возможна лишь благодаря системной работе в рамках РИА и МИА. В этом смысле РИА и МИА продолжают оставаться верной своей главной миссии — многоуровневому содействию укреплению инженерного потенциала государств, в которых работают члены академии, с целью улучшения духовной, экономической, экологической и социальной жизни человека.

Сегодня Инженерная академия Армении — это научно-технический союз ученых, научных работников, инженеров, руководителей неправительственных организаций, дипломированных специалистов по естественным, техническим и экономическим областям, деятельность которого направлена на обеспечение научно-технического прогресса республики, консолидацию ученых и инженеров Армении и Диаспоры. В настоящее время Инженерная академия Армении объединяет более 300 ведущих ученых и инженеров по различным техническим направлениям.

Инженерная академия Армении и дальше продолжит многостороннее взаимодействие с Российской и Международной инженерными академиями по таким стратегически важным направлениям, как взаимодействие с иностранными фирмами на основе создания совместных инженерных центров и представительств в странах СНГ и дальнего зарубежья, организация и проведение экспертиз сложных международных проектов, имеющих большую социально-экономическую значимость и ориентированных на получение крупных инвестиций со стороны международных фондов и банков. Это взаимодействие, в свою очередь, будет способствовать выработке эффективных решений, гарантирующих научно-технологическую безопасность наших государств.

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ ГРУЗИИ

ENGINEERING ACADEMY OF GEORGIA

*Джавахадзе Г. С., Горгидзе Д. А.,
Инженерная академия Грузии, Тбилиси
g_javakhadze@medin.ge, d.gorgidze@gtu.ge*

*Javakhadze G., Gorgidze D.
Georgian Engineering Academy, Tbilisi*

Аннотация. В статье представлены этапы развития Инженерной академии Грузии и её роль и место в инновационной политике государства.

Abstract. The article presents the stages of development of the Engineering Academy of Georgia and its role and place in the innovation policy of the state.

Ключевые слова: инновация, технология, роль, политика, концепция, Инженерная академия Грузии.

Keywords: innovation, technology, role, politics, concept, engineering academy of Georgia.

Инженерная академия Грузии была создана в 90-е годы прошлого века под руководством вице-президента Национальной академии наук Грузии, директора Института проблем управления РАН, академика Ивери Прангишвили. Следует отметить, что она возникла не на пустом месте. Ей предшествовали хранившиеся предками грузинского народа на протяжении многих веков древнейшие знания и опыт технических отраслей, и тем самым они внесли свой достойный вклад в сокровищницу мировой культуры.

В новую эпоху прогресса технических отраслей грузинское инженерное мышление развивалось по следам мировых достижений и создало замечательную инженерную школу, представители которой известны не только в Грузии, но и во многих странах мира.

20 марта 1992 года состоялось заседание инициативной группы. В июне того же года было проведено учредительное собрание Инженерной академии, на котором членами академии были избраны 19 академиков.



*Президент Инженерной
академии Грузии
Академик Ивери Прангишвили*

Президентом — Ивери Прангишвили, почетным президентом — Георгий Заридзе, вице-президентами — Леван Махвиладзе, Карло Табукашвили, Тамаз Джанелидзе, академиком-секретарем академии — Иван Горгидзе, а заместителем президента был назначен — Гурам Джавахадзе. Первый президиум провел большую организационную работу, в результате которой 20 августа того же года в Инженерной академии прошли первые выборы. В академии были избраны 21 действительный член (академик) и 75 членов-корреспондентов.

В тот период в академии функционировали 11 научных отделений:

- Отделение энергетики (академик-секретарь Р. Арвеладзе);
- Отделение металлургии и химических технологий (академик-секретарь И. Жордания);
- Отделение машиностроения и механики (академик-секретарь Т. Лоладзе);
- Отделение строительства и архитектуры (академик-секретарь Г. Мирианашвили);
- Отделение геологии и горного дела (академик-секретарь Л. Джапаридзе);
- Отделение гидротехники и инженерных проблем коммунального хозяйства (академик-секретарь Г. Кикачеишвили);
- Отделение информатизации, вычислительной техники и процессов управления (академик-секретарь Г. Абдушлишвили);
- Отделение транспортных систем (академик-секретарь А. Чхеидзе);
- Отделение агроинженерии и легкой промышленности (академик-секретарь А. Курдадзе);
- Отделение биоэнергоинформатики (академик-секретарь К. Камкамидзе);
- Отделение инженерной экономики и экологии (академик-секретарь Г. Урушадзе).



*Учредители Инженерной академии Грузии, первый президиум.
слева: Л.С. Махвиладзе, Г.С. Джавахадзе, Г.М. Заридзе, И.В. Прангишвили,
И.А. Горгидзе, К.Ф. Табукашвили, Т.В. Джанелидзе*

Очередные выборы, согласно положению Инженерной академии, прошли в 1996 и 2000 году. После выборов 2000 года в Инженерной академии Грузии состояли 114 академиков и 115 членов-корреспондентов.

При Инженерной академии Грузии были учреждены региональные центры в Кутаиси, Рустави, Поти, Аджарии и Гурии.

Структурными единицами Инженерной академии Грузии также являются:

- Инженерно-экономический центр;
- Научно-технический центр.

Приказом № 180 президента Грузии Эдуарда Шеварднадзе от 21 февраля 1996 года О повышении роли Инженерной академии Грузии в формировании инженерно-технического потенциала Грузии ей был присвоен статус координатора инженерно-технической политики страны. В частности, было поручено:

- Обратить особое внимание на такие приоритетные отрасли экономики, как энергетика и энергетические ресурсы; на те отрасли промышленности, которые имеют сырье и экспортный потенциал; машиностроение для сельского хозяйства, легкой и пищевой промышленности; строительство; транспорт, связь и коммуникации; инженерно-экономические и экологические проблемы;
- Всячески содействовать инженерному разрешению результатов фундаментальных исследований, выполняемых Академией наук Грузии, и внедрению их в производство;
- На общественных началах создать краевые центры; оказывать активную помощь и консультации инженерным регионам, частному бизнесу при содействии органов местного самоуправления.

Большой авторитет Ивери Прангишвили, который одновременно выполнял обязанности первого вице-президента Академии наук, его избрание президентом Инженерной академии способствовали взаимному сотрудничеству между двумя академиями, и фундаментальные исследования и работы по технологическому внедрению проводились координированно, что бесспорно повысило эффективность деятельности обеих академий и что было необходимо в современный период.

Можно без преувеличения сказать, что с первого дня своего учреждения академия и президиум академии были активно вовлечены в протекающие в стране процессы, и ни один злободневный вопрос, ни одна проблема не остались без их реагирования.

В частности, своевременное представление деловых замечаний к индикаторному плану экономического развития; участие в разработке концепции развития энергетики; представление делового предложения по развитию в стране металлургии; разработка инвестиционной программы развития цветной металлургии; проект применения конструкций, полученных по новой технологии, для креплений в шахтах; выдача заключения об определенных условиях строительства гидроэлектростанций на реке Чорохи; разработка и предоставление мэрии новых и прогрессивных технологий исправления-

укрепления аварийных домов; о комплексной методике и программе использования угля Ткибульского бассейна; обращение тематики диссертаций в сфере строительной индустрии к задачам практического внедрения и т.д.

Все это делалось отдельными отделами и членами академии. Было получено множество патентов, которые имели большое значение для реального внедрения и практического применения. В частности:

- сокращение энергозатрат, улучшение физико-механических показателей и требований экологии было посвящено новой технологии переработки старого асфальта;
- тема рационального использования аммиачной воды вместо селитры;
- особенно много патентов получено авторами трансформируемых конструкций, строителями, механиками, самолетостроителями;
- представителями горной химии и другими;
- был разработан крайне важный для страны вопрос — концепция и программа рационального использования ресурсов питьевой воды, которые были представлены правительству и власти;
- большими достижениями характеризуется деятельность технического центра академии в решении проблем обезвреживания сточных вод, в частности, в решении проблемы биологической очистки; примечательно, что для этого были использованы местные материалы и оригинальные технологии и многое другое.

Инженерной академией также было поставлено и решено множество других задач и проблем.

28 февраля 2006 года в возрасте 76 лет скончался первый президент Инженерной академии Грузии Ивери Прангишвили.

В 2007 году общее собрание Инженерной академии избрало президентом академика Арчила Прангишвили.

В Инженерной академии Грузии были проведены определенные структурные изменения. Были избраны: почетным президентом — Леван Махвиладзе, вице-президентами — Гиви Абдушелишвили, Реваз Арвеладзе, Гурам Варшаломидзе, Гурам Джавахадзе, Тамаз Джанелидзе, Александр Чхеидзе; академиком-секретарем академии — Иван Горгидзе, а заместителем президента — Мамука Мацаберидзе.

В результате реструктуризации были сформированы следующие отделения:

- Отделение энергетики;
- Отделение металлургии и химической технологии;
- Отделение машиностроения;
- Отделение строительства;
- Отделение архитектуры;
- Отделение дорожно-транспортных систем и инфраструктуры;
- Отделение информатики, процессов управления и нанотехнологий;
- Отделение телекоммуникации;
- Отделение агроинженерии и легкой промышленности;
- Отделение геологии и горной химии;

- Отделение инженерных проблем гидроинженерии;
- Отделение инженерии возобновляемых ресурсов;
- Отделение инженерной экономики и менеджмента;
- Отделение инженерной экологии;
- Отделение биоинженерии;
- Отделение биоэнергоинформатики;
- Отделение истории техники и инженерных наук;
- Отделение военных технологий и теории;
- Отделение мониторинга и технической экспертизы структурной целостности;
- Отделение инженерных проблем безопасности стратегических объектов;
- Отделение инженерной механики и прикладной математики;
- Организационное отделение.

В настоящее время в Инженерной академии Грузии состоят 265 действительных членов, 169 член-корреспондентов.

Надо отметить, что эконометрические реалии XXI века еще раз подкрепляют мнение о том, что недостатка свободных денег нет, а есть недостаток хорошо подготовленных и обоснованных бизнес-идей и готовых к реализации, системно конструированных проектов.

В видении Инженерной академии Грузии научная деятельность — это системообразующая активация, связанная с проведением научных исследований, включая фундаментальные, с выявлением закономерностей и механизмов процессов и явлений, и прикладная, изучающая возможности извлечения практической выгоды из полученных знаний.

Результатом указанной деятельности нередко является разработка идей инновационной продукции в виде совокупности знаний об основных ее свойствах и принципах создания, что, в свою очередь, топологизирует следующие контенты: формулировка понятий, создание теорий, экспериментирование, классификация и обобщение полученных результатов, обработка и усвоение полученной информации.

С другой стороны, мы в Инженерной академии Грузии считаем, что инженерная деятельность — это интеллектуализация, связанная с проведением технических разработок на основе использования научных знаний, включая проектирование, конструирование и технологическую разработку. Важным результатом такой деятельности, как обычно, является создание новшеств в виде опытных образцов инновационной продукции.

Часто довольно трудно провести четкую грань между научной и инженерной деятельностью: обычно имеет место тесное переплетение той и другой, что в итоге приводит как к разработке инновационных идей, так и к созданию новшеств. В этой связи принято говорить о научно-технической деятельности, направленной на решение комплексных научно-технических проблем, обеспечение функционирования науки, техники и производства как единой системы.

Научно-техническая деятельность в Инженерной академии Грузии представляет собой синергию научной, инженерной и организаторской деятельности, что, в свою очередь, подразумевает научно-исследовательские, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы, которые включают научные исследования и технические разработки, завершающиеся изготовлением и испытанием опытных образцов продукции.

В Инженерной академии Грузии к научно-технической деятельности относятся работы по научно-методическому, организационно-техническому и программному обеспечению, непосредственному проведению научных исследований и технических разработок, а также распространению и применению их результатов. Архиважно, что представители каждой науки, достигшей определенного уровня гносеологической и когнитивной зрелости, осуществляют рефлекссию, формулируя общие законы и закономерности данной отрасли знания, то есть создают соответствующую метанауку. С другой стороны, любая зрелая наука становится предметом философских исследований, что, в свою очередь, является предметом интеллектуального поиска в Инженерной академии Грузии с целью разработки методологии управления инженерных отраслей.

За последнее десятилетие получены значительные результаты, в частности:

- Отходы листов графита применяются для получения графена: новые углеродные начальные материалы для получения графена и его оксидов — в труде описано получение оксида графена с применением отходов графита при 0–40°C;
- Влияние графена на морфологию, электропроводность и трещиностойкость оксида титана — в исследовании рассмотрена роль нанослоев графена в композите оксида титана;
- Гибкость/негибкость и трибологические свойства наполненных CNT допированных кластерами кобальта нанокompозитов на PTFE-основе — независимыми и зависимыми от низкочастотной амплитуды методами измерения внутреннего трения, деформации сжатия и трибологического испытания исследованы гибкость/негибкость и трибологические свойства созданных на основе политетрафторэтилена нанокompозиций, которые заполнены допированными кластерами кобальта углеродными нанотрубками;
- Влияние циклической деформации и прижигания на свойства гибкости/негибкости PTFE- нанокompозиций, наполненных CNT, допированным кластерами 7,5 весового % Fe — для создания нанокompозитных материалов на основе PTFE с управляемыми технологическими и механическими параметрами крайне актуальны взаимно корреляционные связи их структурного состояния и динамико-механических свойств;
- Влияние задержки в высокочастотном магнитном поле с высокоамплитудной деформацией на свойства гибкости/негибкости гибридных PTFE-нанокompозиций, наполненных CNT, допированным кластерами Fe -;

- Исследование деформации бетона методом голографической интерферометрии — на основании разработанной методики возможно исследование деформаций при длительной усадке цемента и бетона методом голографической интерферометрии;
- Новейшая модификация отражающей структуры развернутого пространства с V-образной полоской — новым методом развертки каркаса механической жесткости космического рефлектора достигается повышение надежности развертки;
- Сейсмическая стабильность башенного приемника — рассмотрен вопрос сейсмоустойчивости башенного водоприемника с учетом развивающейся от водохранилища инерционной нагрузки;
- Экологические проблемы водной эрозии и селя — рассмотрены вопросы водной эрозии и механизмы образования и движения селевых потоков, разработаны компьютерные модели;
- Задача фильтрации с промежутком выклинивания в дренаж треугольной формы — рассмотрена задача фильтрации грунтовой воды через полноценный горизонтальный дренаж треугольной формы. Применение теоретических результатов практически возможно в условиях проектирования и эксплуатации дренажных устройств такого типа;
- Современные проблемы водного хозяйства, охраны окружающей среды, архитектуры и строительства — рассмотрены результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний растворимости озона в воде и его распределения в водяном столбе;
- Инновационный прибор для обнаружения утечки газа — в отличие от существующих детекторов, предложенный прибор работает с использованием одного полупроводникового сенсора, который обнаруживает наличие природного газа — метана и угарного газа. Прибор работает в импульсном режиме;
- Контроль мозгового кровообращения на основании искусственного интеллекта — многие исследователи пытались создать аналогию человеческой ткани на инженерной платформе, чтобы осуществить структурную связь функции клеток ткани мозга с архитектурой чипа. Текущая работа над встраиванием чипа в мозг — это попытка создания именно вышеупомянутого аналога;
- Разработка технологии дистанционного проведения лабораторного эксперимента — предложенная технология предусматривает дистанционный доступ с компьютера студента к лабораторной установке, дистанционное наблюдение за лабораторной установкой и осуществление интерактива между студентом и инструктором;
- Биометрическая избирательная система на основе блокчейна — использование биометрической технологии в избирательном процессе бесспорно приносит положительные результаты с точки зрения защиты избирательного процесса от фальсификаций, быстроты подведения итогов и повышения у избирателей ощущения объективности;

- Платформа реагирования на киберинциденты для сотовой связи 5G — главная цель проекта — развитие новейшей платформы кибербезопасности 5G, которая будет основана на алгоритмах AI/ML (искусственного интеллекта/машинного учения), что обеспечит высший уровень безопасности для всех ее пользователей;
- Разработка нового метода оптической спектроскопии вирусов (спектровир — 1) — проект посвящен методам расчета и измерения спектроскопии нанобиочастиц и основан на разработке и осуществлении новой концепции оценки уникальных вибрационных/колебательных свойств биообъектов;
- Синтез мультифункциональных магнитных наносистем медицинского назначения по инновационной технологии;
- Разработка инновационной производственной технологии получения натуральных пигментов на базе местного сырья и коммерциализация результатов;
- Создание и исследование новых материалов для саморегулируемой (лимитированной температурой Кюри) магнитной гипертермии раковых клеток;
- Грузинский технический университет (ГТУ) и Институт металлургии и материаловедения Фердинанда Тавадзе — Новые результаты в разработке технологий получения нанокристаллических материалов на основе карбида бора — представлены результаты изучения технологии получения созданных на основе карбида бора металлокерамических материалов и их компонентов, их фазового состава, структуры и физико-механических свойств;
- Разработана технология получения боросодержащих и родственных систем широкого спектра в нанокристаллической форме — в труде разработан простой и в то же время эффективный метод получения супермагнитных наночастиц на основе оксида железа. В труде приведена схема прибора для получения таких наночастиц и детально описан технологический процесс;
- Термоэлектрические свойства моносulfидных нанопленок — впервые разработана методика получения нанопленок моносulfида тулия из двух независимых источников компонентов методом вакуумно-термического испарения;
- О коммерциализации инновационных исследований в материаловедении — получение наноструктурных гетерофазных керамических материалов на карбидной основе и изделий с улучшенными эксплуатационными характеристиками;
- Способ получения нанокристаллических систем из жидкой шихты — разработана технология восстановления растворов в органических жидких соединениях солей соответствующих компонентов нанокристаллических систем широкого спектра или получения распылением в реакторе с карбидообразующей атмосферой;

- Лазерно-плазменные ускорители для электронной терапии — рассмотрены лазерно-плазменные ускорители для электронной терапии. Роль ускорителя в структуре играет ионизированный газ (водород), то есть плазма. Разработана математическая модель для лазерно-кинетической высокочастотной плазмы и установлена цифровая связь между параметрами плазмы, плотностью токов и напряжением электрического поля;
- Анализ проблем экологического мониторинга электромагнитных полей вблизи от высокочастотной воздушной линии электропередач — в результате проведенного анализа исследования влияния электромагнитного поля промышленной частоты на здоровье человека выявлено, что вопрос до конца не изучен, что указывает на актуальность дальнейшего изучения данной проблемы;
- Возвратно-поступательный электромагнитный вибросортировщик семян зерновых культур;
- Натуральные и облицовочные камни Грузии — создана значительная база данных натуральных и облицовочных камней (более 350 месторождений-проявлений), с указанием их местонахождения, наименования породы, физических и механических свойств, минерального и химического состава, промышленных и авторских запасов, качества обработки и сферы применения;
- Управляемая локальная гипертермия и магнитная гипертермия для лечения раковых заболеваний;
- Полученные нанотехнологиями многокомпонентные керамические и полимерные композиты с улучшенной структурой для работы на горячих узлах летательных аппаратов и агрессивных средах, для датчиков, фиксирующих утечку горючего из брони и баков баллистических ракет;
- Разработка технологии огнеупорных композиционных материалов на базе бескислородных и кислородных соединений. Технология производства деталей двигателя на базе нитрида кремния. Получение нанокompозитов на базе карбида кремния и нитрида кремния;
- Исследование органической фракции лечебных грязей Грузии и их использование в косметических средствах;
- Синтез и анализ биологически активных веществ, создание синтетических лекарственных средств;
- Проблемы формирования системы интегрированного управления лесным хозяйством в Грузии;
- Возобновляемые энергетические ресурсы Грузии и их использование;
- Geological position of Khachkovi ore occurrence — в труде рассмотрены структурные характеристики проявления золото-медно-полиметаллических руд в Хачкови и определение-моделирование рудной минерализации на их фоне. Изучение территории Хачкови сегодня очень актуально, и именно в результате проведенных геологических работ можно получить золотой рудник, который положительно повлияет на экономическое развитие нашей страны;

- Разработка трансформируемых систем и испытание в автомобильном тоннеле для спасения жизни в условиях пожара;
- Горно-металлургическая энциклопедия — энциклопедия содержит горные, металлургические и общие технические термины;
- Изготовление пилотных образцов малых ветряных энергоустановок с применением базальтовых волокон;
- Локальная управляемая «канцертермия» как инновационный метод и технология лечения пациентов с онкологическими заболеваниями — создана принципиально новая методология и инновационная технология;
- Кодикологический анализ фрагментарных рукописей на пергаменте и структурное исследование материала;
- Амфифизин — ингибитор (сдерживающий развитие) метастаз после операции по удалению злокачественной опухоли нового поколения;
- Металлическая матрица алмазного композиционного материала с применением порошков сплавов;
- Применение биотехнологических методов *in vitro* для получения посадочных материалов и рассады овощей и древесных растений и их апробация в разных селах Грузии;
- Разработана концепция управления чрезвычайными ситуациями и подготовлены соответствующие законопроекты;
- Разработана веб-аппликация имитационного моделирования и визуализации физических процессов, происходящих в детекторе АТЛАС (Женева, Швейцария);
- Разработка и мониторинг производства узлов акселератора (CERN);
- Разработаны веб-програмные приложения управления данными эксперимента в среде ОРАКЛЕ;
- Разработаны методы и средства сравнительного анализа геометрических описаний детектора для симуляционного моделирования ГЕАНТ4;
- Реализована система измерения и визуализации электропараметров ЖинвалиГЭС и система управления турбинами;
- Разработана концепция развития энергетического сектора Грузии;
- Разработка биостимуляторов нового поколения в рамках концепции зеленой революции;
- Инженерной академией Грузии совместно с Инженерной академией Китая была разработана концепция участия Грузии в крупном международном проекте «Экономический пояс Шелкового пути».

АКАДЕМИЯ НА НОВОМ РУБЕЖЕ

Жумагулов Б. Т.,

*депутат Сената Парламента РК,
президент Национальной инженерной академии РК*

Национальная инженерная академия Республики Казахстан — ровесница Независимости страны: в нынешнем году мы отмечаем ее 30-летие.

В 1990 году по инициативе ряда выдающихся советских ученых и инженеров была создана новая общественная организация — Инженерная академия СССР. Вскоре, благодаря огромному авторитету академика АН Казахской ССР У.А. Джолдасбекова, было сформировано ее Казахское отделение, костяк которого составили известные ученые, ректора вузов и руководители крупных производств республики.

А в ноябре 1991-го состоялось учредительное собрание Инженерной академии Республики Казахстан, которую по праву возглавил академик Умирбек Арисланович. Мне доверили стать первым главным ученым секретарем организации. Впоследствии я занимал позиции вице-президента, первого вице-президента, а с переключением У.А. Джолдасбекова на парламентскую деятельность с его благословения был избран президентом академии.

За три десятилетия деятельности Инженерная академия, которая в 2003 году обрела статус Национальной, провела большую плодотворную работу. Сегодня она является самой крупной и влиятельной общественной научной организацией в Казахстане, сумевшей поднять престиж инженерной профессии.

В состав НИА РК входят 13 областных филиалов, организованных на базе ведущих региональных университетов, 35 научно-технических и инженерных центров, взаимодействующих с крупнейшими промышленными предприятиями. 10 отраслевых отделений академии охватывают все приоритетные направления развития экономики страны: архитектуру, строительство и строительные материалы, вычислительные и информационные технологии, геологию и горно-металлургическое производство, инженерию агропромышленного комплекса, машиностроение, космическую технику и технологии, нефтехимические технологии, пищевую промышленность, товары народного потребления, транспорт и коммуникации, экологию, энергетику и энергосберегающие технологии.

Ученые академии осуществили более 6000 проектов по важнейшим научным направлениям, 354 научно-целевые программы и 57 международных проектов.

Проведено более 8 тысяч конференций, издано свыше 32 тысяч публикаций.

Важнейшие из этих свершений и событий помимо массовой печати нашли отражение в «Вестнике Национальной инженерной академии РК», который издается с 1997 года.

Кстати, надо подчеркнуть, что наш вестник входит в перечень рекомендованных Комитетом по организации контроля в сфере образования и науки МОН РК изданий для публикации основных научных результатов соискателей ученых степеней доктора философии — PhD, доктора по профилю по пяти специальностям естественнонаучного и инженерного направления.

В рамках празднования 30-летия академии мы в начале марта провели Второй Международный Джолдасбековский симпозиум «Механика будущего», посвященный 90-летию выдающегося ученого-механика, основателя НИА РК. В нем участвовали более 500 ученых из 30 стран мира. Кроме этого посвятили У.А. Джолдасбекову очередной номер своего вестника (№ 1, 2021 г.), в котором опубликованы мои статьи «Выдающийся подвижник науки будущего» и «Өзгеге ұқсамайтын өмір немесе академик Өмірбек Жолдасбеков туралы» на русском и казахском языках.

Оглядывая ретроспективно пройденный путь, нельзя не вспомнить, какую весомую поддержку оказал инженерному сообществу республики в непростую пору его становления Первый Президент Казахстана — Елбасы Нурсултан Назарбаев. В мае 1993 года на I съезде инженеров, решением которого был организован «Союз инженеров Казахстана», Нурсултан Абишевич выступил с речью, подчеркнув: «В экономической политике нам, по-видимому, придется решать нечто вроде инженерной задачи возбуждения резонанса общественных, производственных и технологических процессов...

Реформа экономики, обновление Казахстана неизбежно проявляется не только как политическая, общекультурная, но и как инженерная проблема. При этом особенно технологическая и, в частности, инженерная политика должна стать относительно самостоятельной ветвью преобразования общества. Уверен, что общественное движение инженеров Казахстана за реформы придаст обновлению экономики республики мощный импульс, а значит, и успех».

Гостем того памятного съезда инженеров был президент Международной и Российской инженерных академий Борис Владимирович Гусев, отмечающий нынче свое 85-летие. Поздравив нас со знаменательным событием в жизни суверенного государства, Борис Владимирович сообщил, что общее собрание МИА единогласно избрало Нурсултана Абишевича действительным членом МИА «за крупные заслуги в инженерии», и вручил ему диплом академика.

Отмечу штрихами еще несколько знаковых событий и дат.

В год 20-летия НИА РК Высший Совет и Президиум академии приняли решение провести в Алматы 25–27 октября 2011 г. ряд юбилейных мероприятий.

Мне как министру образования и науки РК в тот период и президенту НИА РК выпала честь быть председателем Международного программного комитета. «На нашем юбилее присутствуют в полном составе новый Совет Президентов МИАи исполком Федерации инженерных институтов ислам-

ских стран — это явное доказательство хорошей работы НИА РК на международном уровне», — говорил я в приветственном выступлении.

В 2017 году в Казахстане проведена Всемирная выставка ЭКСПО, открывшая новые горизонты в важнейшей для человечества сфере энергетики. К ней был приурочен уникальный в истории не только нашей страны, но и всего центрально-азиатского региона Всемирный конгресс инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации», главными организаторами которого выступили Национальная инженерная академия РК и Казахстанская национальная академия естественных наук (КазНАЕН).

Большую поддержку и помощь в проведении Конгресса оказали такие крупные организации, как Корпорация «SINOPEC», АО «Каспийский Трубопроводный Консорциум», АО «Волковгеология», ТОО «САУТС ОЙЛ», АО «КазНИИССА», АО «Самрук ЭНЕРГО», Кызылординский государственный университет им. КоркытАта, Академия гражданской авиации, КазИТУ (г.Уральск), Институт ядерной физики, Национальный ядерный центр, другие ведущие вузы и НИИ нашей страны.

На Конгрессе был представлен весь цвет мировой науки и инженерной мысли в сфере энергии будущего. В нем приняли участие 6 нобелевских лауреата, 18 лауреатов Международной премии «Глобальная энергия». Всего же к участию в мегафоруме нам удалось привлечь более тысячи видных ученых, инженеров, руководителей бизнеса и органов управления из 80 страны.

Конгресс четко показал, что главной основой технологических инноваций в энергетике будущего являются достижения фундаментальной науки, которые трансформируются через прикладные исследования и инженерные разработки в новые технологии и продукты.

2019 год. Он ознаменован неординарным событием. На общем собрании НИА РК собрании был вручен диплом на открытие, выданный 30 апреля 2019 г. Международной академией авторов научных открытий и изобретений на основании результатов научной экспертизы заявки на открытие №А-665 «Явление низкотемпературной вакуумно-волновой гидроконверсии нефтяного сырья».

Авторами революционного для энергетической отрасли метода, основанного на явлении низкотемпературной вакуумно-волновой гидроконверсии сырья, и соответствующего технологического решения стали сотрудники Национальной инженерной академии РК А.А. Калыбай, Б.Т. Жумагулов, Н.К. Надиров, А.К. Абжалиев. Открытие казахстанских ученых имеет прорывное значение для добычи и переработки углеводородного сырья.

Ежегодно НИА РК проводит несколько международных конференций и заседаний «круглых столов». Например 4–5 апреля 2019 года проведена Международная научно-практическая конференция «Наука, производство, бизнес: современное состояние и пути инновационного развития аграрного сектора на примере Агрохолдинга «Байсерке-Агро» посвященная 70-ле-

тию заслуженного деятеля Республики Казахстан Т. М. Досмухамбетова, 9–10 октября 2020 года совместно с Федеральным центром по вычислительным и информационным технологиям СО РАН проведена Международная конференция «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании» (СITech -2020).

И текущий, юбилейный год складывается насыщенным на события.

Сегодня НИА РК работает над задачей, поставленной Главой государства Касым-Жомартом Токаевым: сделать казахстанскую науку эффективной, чтобы исследования давали конкретную отдачу в общество, экономику, в развитие страны.

Глава государства особо подчеркнул: «Здесь нужен свежий взгляд, новые подходы». Все это в полной мере относится и к законодательному обеспечению научной сферы, требует системного ее совершенствования по примеру развитых стран.

Естественно, в сфере нашего внимания также должны быть и перспективные задачи. Речь идет о цифровизации экономики, совершенствовании инфраструктуры и транспортной системы страны, сельского хозяйства, туризма, переработки сырья и т.д.

И самое главное в наших действиях в любом из выбранных направлений — чувствовать свою сопричастность к важнейшим процессам развития страны, продвижению Стратегии развития суверенного Казахстана.

В научно-технической сфере для этого делается немало, и я горжусь вкладом ученых и инженеров в общий успех. Иначе и быть не может, ведь у нас есть четкие ориентиры, заданные Президентом К. К. Токаевым в его программных выступлениях. С такими исходными условиями нам будут по плечу любые свершения.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Кожогулов К. Ч.,

*Президент Инженерной академии Кыргызской Республики,
доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН КР,
академик ИА КР и МИА, лауреат Государственной премии
Кыргызской Республики в области науки,
заслуженный деятель науки Кыргызской Республики*

Инженерная академия Кыргызской Республики (ИА КР) была учреждена в 1992 году Кабинетом Министров Республики Кыргызстан, реорганизацией Кыргызского Отделения Инженерной академии СССР (Постановление № 561 от 2 декабря 1991 г.). По этому Постановлению Инженерная академия по статусу представляет собой высшую координирующую организацию всех инженерных и научно-инженерных организаций, предприятий и обществ республики. Содействует развитию научно-технического прогресса, использованию его достижений в народном хозяйстве и профессиональной консолидации инженерного корпуса Кыргызстана.

В состав Инженерной академии вышли ведущие ученые, в частности академики: Айтматов И. Т., Алимов О. Д., Койчуев Т. К., Асанов У. А., доктора наук Мамбетов Ш. А., Асаналиев У. А., Токтомышев С. Ж., Ормонбеков Т., Манжосов В. К., Еремьянц В. Е. и представители промышленных предприятий внесшие крупный вклад в развитие инженерного дела Омуралиев Э. К., Керцер Б. М., хорошо известные организаторы производства республики Джумагулов А. Д., Аблесов С., Тулебердиев Ж.

Предварительно были определены приоритетные направления развития нашей промышленности и главные задачи академии:

- объединение передовой части ученых и инженеров страны для наращивания интеллектуального потенциала в сфере инженерной деятельности, проведение наиболее важных и перспективных исследований и разработок, на основе достижений фундаментальных наук создание принципиально новых видов техники, технологии и материалов;
- прогнозирование развития и совершенствования научно-технического потенциала, определение приоритетных направлений народного хозяйства, разработка предложений модернизации его производственно-технической структуры;
- разработка предложений по содержанию и организации высшего инженерного образования активное участие в подготовке научных и инженерных кадров;
- установление прямых международных связей с научно-инженерными организациями стран мира, представление интересов инженерного общества республики в СНГ и за рубежом.

Структура Инженерной академии Кыргызстана основана на концепции ее координационной деятельности с предприятиями и организациями, центром ее является инновационная деятельность. Она требует последовательного осуществления различных по сложности, длительности и другим многочисленным факторам этапов работ, взаимосвязанных единой круговой цепочкой: идея-разработка-опытное производство-массовое производство-проведение маркетинга-освоение рынков сбыта, возврат затрат и накопление капитала и вновь зарождение новых идей. Каждый из этапов работ должны осуществляться соответствующими структурными подразделениями-отделами (научный, производственно-технический, конструкторский, учебно-методический), предприятиями (МП, СП, АО и др.), проблемными институтами и объединениями.

Инженерно-технические проблемы основных отраслей экономики республики почти полностью охватываются направлениями научно-инженерных специальностей секций.

С целью достижения поставленных задач Президиум академии придает большое значение развитию связей с ее коллективными членами, которые имеют право:

- первоочередного получения научно-технической информации;
- осуществлять подготовку и переподготовку своих специалистов овладению новыми техническими достижениями;
- выносить на рассмотрение руководящих органов академии вопросы, имеющие принципиальное значение для технического и специального прогресса.

Такая связь должна привести к решению задач по формированию индустриально-инновационного развития Кыргызской Республики по конкурентоспособностям научно-технологичным направлениям.

1. Коллективные члены:

- В Инженерной академии КР 9 коллективных членов: Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Ельцина (КРСУ), Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова (КГТУ), Кыргызский государственный университет строительства и архитектуры им. Н.Исанова (КГУСТА), Бишкекский экономический университет им. М.Рыскулбекова (КЭУ), Иссык-Кульский государственный университет им. К.Тыныстанова (ИГУ), Жалалабадский государственный университет (ЖАГУ), Ошский технологический университет им. М.Адышева (ОШТУ), Кыргызско-узбекский университет (КУУ), Международной университет (МУИТ).
- 7 региональных отделений: Южный, Жалалабадский, Иссык-Кульский, Чуйский, Баткенский, Таласский, Нарынский.

Коллективные члены и региональные отделения активно участвуют в деятельности академии и проводят научно-исследовательские и производственные, научно-педагогические, инновационно-образовательные межбиблиотечные и издательские деятельности, опытно-конструкторские

работы, а также обеспечивают связь с производственными предприятиями республики и стран СНГ.

2. Индивидуальные члены:

- В Инженерной академии КР более 158 членов: 88 являются действительными членами (академики) и 70 члены-корреспонденты. Из них: 71 доктора наук и 87 кандидаты наук.

Действительные члены и члены-корреспонденты избраны из числа наиболее видных представителей научно-технической и инженерной общественности, среди которых есть Почетные члены академии, заслуженные деятели науки и техники, государственные и общественные деятели, промышленники и производственники.

Для определения стратегических задач и создания на их основе конкретных программ по различным направлениям развития науки, техники и технологий утверждена структура в следующем составе секции:

- Геология, добыча и переработка полезных ископаемых;
- Строительство и стройиндустрия;
- Машиностроение, материаловедение и металлургия;
- Энергетика и электротехника;
- Коммуникации (транспортные системы и другие);
- Информационные системы, вычислительная техника, метрология, приборостроение;
- Инженерное образование, инновационные технологии в образовании;
- Охрана окружающей среды;
- Природные и техногенные катастрофы и медицинская инженерия;
- Сельское хозяйство, легкая и пищевая промышленность;
- Экономика, право и управление в инженерной деятельности.

В течение 30-ти лет Академия ведет плодотворную работу с другими странами (Россия, Казахстан, Китай, Армения, Азербайджан, Узбекистан, Таджикистан и др.), чтобы осуществить наиболее перспективные и инновационные программы по созданию и внедрению принципиально новых видов техники, технологий и материалов, обеспечивающих ускорение научно-технического потенциала общества.

Академия проводит активную творческую деятельность как в теоретическом, так в прикладных аспектах по многим научно-техническим направлениям инженерного дела республики.

Принимает активное участие в проектировании железнодорожной линии «Китай-Кыргызстан-Узбекистан».

Активно сотрудничает с высшими учебными заведениями стран СНГ по подготовке высококвалифицированных кадров.

Таким образом, в решении и реализации этих приоритетных задач Академия использует огромную мощь и потенциал мировой науки.

За 30 лет Академия участвовала в государственных программах, осуществляемых правительственными и ведомственными научно-техническими

советами на проведение научно-исследовательских работ. Академия также выполнила множество государственных проектов, заказчиком которых выступало Министерство образования и науки Кыргызской Республики и все научно-исследовательские работы выполнены на договорной основе.

С целью участия в мировом техническом прогрессе Академия 2010 году учредил научно-производственный и образовательный журнал «Инженер». В журнале публикуются материалы о новейших разработках, инновациях и технологиях в производствах современного общества, также новые научные решения в области фундаментальных прикладных наук. Публикуемые материалы рецензируются как внутренними, так и внешними рецензентами, являющимися ведущими специалистами в рассматриваемой области. Журнал также будет распространяться в странах СНГ и обмениваться публикациями и научными идеями ученых из других стран.

Академия заключила договор с Российской универсальной научной электронной библиотекой (РУНЭБ) о размещении на ее платформе электронных версий статей в целях создания Российского индекса научного цитирования. В настоящее время на сайте www.eLIBRARY.RU выпуски всех номеров журнала размещены.

Академия с самого начала своей деятельности развернула большую работу по упрочнению связи науки и производства, по решению проблем практического использования результатов фундаментальных исследований и ускоренного их внедрения в промышленность республики.

В настоящее время, когда инженерная деятельность является главным направлением в развитии экономики и высокотехнологического прогресса, особую ценность приобретает специалисты, обладающие достаточным уровнем профессиональных знаний. Сегодня в мире наблюдается высокий спрос на инженеров нового поколения — разработчиков высоких технологий, владеющих основой фундаментальных наук, как механика, математика, физика, методы моделирования, информатика, управление и т.п. Поэтому можно сделать вывод о всевозрастающем значении фундаментальной науки в обучении.

В концепции «О модернизации профессионального образования», разработанной Министерством образования и науки Кыргызской Республики и в Болонской декларации намечены дальнейшие пути совершенствования системы высшего профессионального образования. Среди них: поиски современных педагогических подходов, разработка новых моделей и интегративных методов обучения, также создание новой инновационной формы учебно-методических комплексов и т.п.

В рамках указанных задач, членами Академии ежегодно издаются монографии, учебники, разрабатываются учебно-методические пособия по новым методам обучения и т.п.

В Академии ведутся также весьма серьезные работы по подготовке докторов и кандидатов наук по приоритетным направлениям развития экономики Кыргызской Республики.

О РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ

Гусев Б. В.,

Президент Российской инженерной академии, академик РИА, докт. техн. наук, проф., лауреат 7-ми Государственных премий и премий Правительства СССР и РФ

Иванов Л. А.,

Главный ученый секретарь и вице-президент Российской инженерной академии, академик РИА, лауреат премии Правительства РФ

Российская инженерная академия-правопреемница Инженерной академии СССР, учрежденной 20 министерствами и ведомствами СССР и РСФСР 13 мая 1990 г. Вопрос о создании Инженерной академии СССР, с которым выступили видные советские ученые — академики Академии наук СССР А. Ю. Ишлинский, Г. А. Николаев, И. А. Глебов и К. В. Фролов, неоднократно обсуждался в конце 80-х гг. прошлого столетия в центральных партийных и высших государственных органах страны. Однако решения по организации академии не было принято. В результате серьезной подготовительной работы, прежде всего среди организаций Союза научно-технических обществ СССР и ряда крупнейших научно-исследовательских институтов (НИИ), была организована Федерация инженеров СССР.

В рамках Федерации был создан оргкомитет по формированию Инженерной академии СССР (председатель — вице-президент Федерации инженеров СССР Б. В. Гусев), который в течение 1989-1990 гг. провел активную и плодотворную работу по подготовке общественного мнения на всей территории бывшего СССР. В итоге на первом Общем собрании Инженерной академии СССР (протокол № 1 от 24 марта 1990 г.) был принят Устав, выбраны первые 25 действительных членов Инженерной академии СССР и избран первый Президент академии — Б. В. Гусев.

Весомый вклад в организацию деятельности академии внесли академики Академии наук (АН) СССР А. Ю. Ишлинский, Б. Е. Патон, К. В. Фролов и Совет старейшин, который состоял из академиков АН СССР. Сопредседателями Совета старейшин академии были избраны А. Ю. Ишлинский, И. А. Глебов, а членами Совета — С. В. Вонсовский, Д. Г. Жимерин, Б. П. Жуков, Н. Н. Ковалев, К. С. Колесников, Я. М. Колотыркин, С. В. Колпаков, В. А. Котельников, Н. Д. Кузнецов, Б. Н. Ласкорин, Г. А. Николаев, Н. А. Назарбаев, И. Ф. Образцов, А. В. Фокин, Б. Е. Патон, Г. П. Свищёв.

Большую лепту в становление академии внесли крупные государственные деятели и организаторы производства, выдающиеся ученые и инженеры-практики: С. А. Абдраимов, В. Н. Анциферов, Ю. П. Баталин, В. М. Бондаренко, Б. В. Будзуляк, И. Н. Букреев, С. Н. Булгаков, А. И. Васильев, Ю. С. Васильев, Л. И. Волков, И. И. Ворovich, У. А. Джолдасбеков, Б. Т. Жумагулов, В. К. Кабулов, В. Я. Карелин, И. П. Ксенович, Г. Е. Лозино-Лозинский, А. Ф. Мехтиев, И. В. Пран-

гишвили, Б. С. Сажин, Ю. П. Самарин, А. Н. Семенов, А. И. Федотов, Ю. Е. Ходжамирян, Ю. А. Яшин.

К концу 1991 г. была заложена прочная основа академии: избраны 338 действительных членов и членов-корреспондентов из 10 республик СССР. Среди членов академии — ведущие ученые и педагоги, крупные организаторы науки, образования и производства, внесшие большой вклад в научное и инженерное развитие различных отраслей народного хозяйства страны. Инженерная академия СССР с самого начала своей деятельности развернула целенаправленную работу по усилению связи науки и производства, по решению проблем использования результатов фундаментальных исследований и ускоренной их адаптации в промышленность.

В связи с распадом СССР на базе академии Министерством юстиции Российской Федерации 24 декабря 1991 г. была зарегистрирована Общероссийская общественная организация Российская инженерная академия (РИА), а 10 февраля 1992 г. получила регистрацию Международная инженерная академия (МИА). Президентом РИА и МИА был избран Б. В. Гусев.

В 1993 г. РИА получила консультативный статус в ЮНИДО (ООН по промышленному развитию), а в 1997 г. была включена ЮНЕСКО в число экспертных организаций по новым технологиям в Центральной и Восточной Европе. В 2001 и 2004 гг. РИА успешно прошла государственную аккредитацию в РФ.

В настоящее время в состав РИА входит более 1950 действительных членов и членов-корреспондентов — видных российских ученых, инженеров и организаторов производства, свыше 200 коллективных членов, являющихся крупнейшими российскими научно-техническими организациями, а также более 40 региональных инженерно-технических структур — отделений РИА.

РИА проводит большую работу по развитию научно-технических направлений в науке, созданию образцов новой техники и технологий, организации эффективной деятельности российского инженерного сообщества.

За тридцатилетний период Российской инженерной академией было разработано около 5 тыс. новых технологий, опубликовано более 7 тыс. монографий, получено свыше 4,5 тыс. патентов; лауреатами Государственных премий и премий Правительства СССР и РФ стали соответственно 213 и 398 членов РИА.

В числе приоритетных направлений деятельности РИА:

- развитие всех отраслей промышленности, особенно машиностроения и энергетики, решение экологических и других проблем;
- информатизация общества на основе использования современных информационных технологий;
- применение в промышленности нанотехнологий и наноматериалов.

Но, несомненно, главным направлением деятельности РИА, по которому реализуются крупные проекты, является машиностроение. Значимые научно-практические исследования проводились членами Академии в области судостроения, в первую очередь, на базе предприятия «Адмиралтейские верфи»: созданы новые классы арктических судов, в том числе сухогрузы с возможностью выполнения функций ледоколов во льдах толщиной до 2 метров. В партнерстве с компаниями ведущих индустриальных стран Академия

активно участвует в создании сложных морских информационных и роботизированных подводных комплексов-роботов. Суть проекта заключается в модернизации подводного технического сервиса на континентальном шельфе, в портах, озерах и водных путях.

Российская инженерная академия проводит широкий комплекс работ области энергетики и ресурсосбережения, предлагаются решения по разработке энергетических установок с коэффициентом полезного действия более 70%, а теплообменников — выше 90%, а также переход от централизованных к мобильным системам теплоснабжения. Активно ведутся разработки по нетрадиционной энергетике: использование ветрогенераторов, кавитационных нагревателей для тепловых сетей и др.

Ведутся работы по созданию новых технологий и материалов в различных областях промышленности и их наномодифицирование. Например, использование защитных покрытий для бетонов и металлов существенно повышает их прочность, а долговечность можно увеличить в 3–7 раз. Результаты исследований были широко использованы на практике, в том числе при строительстве олимпийских объектов в Сочи.

Активно разрабатываются новые конструктивные решения в области строительства, в том числе при работе конструкций в условиях сейсмичности и вечной мерзлоты, для повышения живучести зданий и сооружений предлагается дополнительное преднапряжение с усилением здания канатами в построечных условиях. Для оценки состояния надежности зданий и сооружений (плотин, энергетических установок и др.), оценки слабых зон или мест, которые при сейсмических воздействиях на конструкцию могут оказаться в неблагоприятном состоянии, предложены новые технологии некоторых измерений (3D-измерений).

В Академии широко изучаются волновые технологии, которые позволяют создавать различные режимы, в том числе биорезонансные в эмульсиях и суспензиях, и обеспечить получение материалов высокой степени гомогенности. Особенно серьезное внимание уделяется использованию волновых технологий для модификации бензина и дизельного топлива. Получены переслаивающиеся эмульсии типа «топливо-вода» на волновых генераторах, что позволяет повышать октановое число топлива с одновременным снижением вредных выбросов в атмосферу окиси углерода и азота. Разрабатываются технологии для синтеза биогаза в реакторах новой конструкции: переработка биомассы в реакторе каталитического гидрокрекинга, что позволит экологически безопасным путем эффективно использовать естественные биологические субстанции для производства горючих газов, тепла и электроэнергии.

Существенно расширилась «география» научно-практической деятельности РИА. Так, значительный теоретический и практический интерес представляют работы большинства региональных структур. Среди них:

- проектирование волоконно-оптических устройств (Башкортостанское отделение);
- использование в различных отраслях производства, техники и технологий инженерных разработок оборонно-промышленного комплекса (Московское областное отделение);

- создание нормативов по оценке остаточного ресурса оборудования, работающего под большим давлением (Иркутское отделение);
- разработка методов синтеза адаптивных и самонастраивающихся систем управления многосвязных нелинейных динамических систем в условиях неопределенности и переменности их параметров (Дальневосточное отделение);
- микро- и нанотрибология, создание наноэлектромеханических систем (Псковское отделение);
- построение интеллектуальных систем автоматизации технологических процессов (Томское отделение);
- переработка техногенных отходов, накопившихся за 300 лет работы промышленности Урала (Свердловское отделение);
- разработка геофизического комплекса, позволяющего не только отслеживать существующее расположение грунтов оснований зданий и сооружений, но и давать прогнозы направления геокриологических процессов (Якутское отделение) и др.

РИА выступала и выступает активным организатором крупных международных и всероссийских форумов. Среди них: I и II Съезды инженеров России и субъектов Российской Федерации, Всероссийская научно-техническая конференция «Резервы ускорения экономического роста и удвоения ВВП», Общероссийский форум «Использование космоса в мирных целях», международные и всероссийские конференции: «Перспективные задачи инженерной науки», «Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов», «Малая и нетрадиционная энергетика, энергоэффективность», «Бетон и железобетон — взгляд в будущее», специализированные выставки и конференции: «Изделия и технологии двойного назначения», «Диверсификация ОПК» и другие.



Делегаты и участники I Съезда инженеров России в большом зале Государственного Кремлевского дворца

С участием РИА издаются более 20 печатных и электронных научно-технических и научно-практических журналов. Среди них — «Авиакосмическая техника и технология», «Бетон и железобетон», «Вестник Инженерной школы», «Вестник науки и образования Северо-запада России», «Вестник СВФУ. Серия: «Экономика, социология, культурология», «Горный журнал», «Двойные технологии», «Инженерный вестник Дона», «Инженерная газета», «Инженерные проблемы стабильности и конверсии», «Инновации и инвестиции», «Мир пчеловодства», «Моторостроитель», «Нанотехнологии в строительстве», «Наука и техника в Якутии», «Промышленное и гражданское строительство», «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование». «Строительный вестник Российской инженерной академии», «Вестник НИЦ «Строительство», «Энергоэффективность, опыт, проблемы решения», «Энергобезопасность и энергосбережение» и многие другие.

К 25-летию РИА выпущено информационно-справочное издание «Энциклопедия Российской инженерной академии». В энциклопедии представлены творческие биографии действительных членов и членов-корреспондентов РИА — крупных ученых, заслуженных инженеров и организаторов промышленного производства. В энциклопедии приведена информация о людях, кто на рубеже XX—XXI веков активно способствовал сохранению и развитию интеллектуального потенциала науки и техники по основным инженерным направлениям путем эффективной реализации достижений фундаментальной науки в производственной сфере.

К 30-летию РИА изданы книга и брошюра «100 выдающихся ученых и инженеров Российской инженерной академии». В I томе книги представлена информация о деятельности выдающихся ученых, инженеров и организаторов промышленного производства. В составе академии работали, а некоторые продолжают работать, известные всей стране (СССР и РФ) не просто выдающиеся, но и великие специалисты в различных областях науки и техники, государственного управления. I том книги «100 выдающихся ученых и инженеров Российской инженерной академии» — продолжение информационно-справочного издания «Энциклопедия Российской инженерной академии». Одной из актуальных задач книги является формирование широкого и устойчивого общественного интереса к науке и технике, повышение профессионального интереса научных работников, инженерных кадров и студенческой молодежи, а также профессиональная ориентация школьников на осознанный выбор профессии инженера.

В 2021 году вышла в свет книга авторов: Б. В. Гусев, С.И.-Л. Ин, А. А. Сперанский «Новая модель структурирования химических элементов». Авторы взяли за основу физическую модель взрыва и расширяющейся Вселенной, и поставили перед собой задачу описать элементы периодической системы в виде Объемной расширяющейся матрицы химических элементов. В вершину матрицы представлен водород, как основа создания последующих элементов. Новая модель позволила более четко представить химические

элементы и сделать новые обобщения. В вершину матрицы поставлен водород как основа образования последующих элементов. В книге представлено количество элементов за пределами известных 118 и рассмотрены возможные электронные структуры для 100 новых элементов. Книга издана на английском и русском языках и может быть полезна для изучения в области современного состояния периодической таблицы химических элементов, а также ученым, работникам химической промышленности, преподавателям и студентам химических и смежных специальностей.

РИА организует и проводит общероссийские конкурсы:

- конкурс имени первопечатника Ивана Федорова на лучшую публикацию по научно-исследовательской и научно-методической работам (монография, энциклопедия, учебник, учебное пособие, научный журнал);
- конкурс «Молодой ученый» им. Ивана Федорова на лучшую публикацию по научно-исследовательской работе;
- профессиональный конкурс по присуждению премии имени Гришманова И. А. работникам промышленности строительных материалов и строительной индустрии и др.

Активную общественную позицию РИА занимает не только в вопросах технологического развития страны. На этапе реформирования высшей профессиональной школы была развернута серьезная работа по сохранению инженерного образования в России (более 1/3 членов РИА непосредственно работают в сфере профессионального образования). Вопросы оценки состояния и выбора основных направлений развития профессионального образования нашли свое отражение при подготовке предложений для Комиссии по модернизации при Президенте РФ.

Несомненно, в целях использования интеллектуального потенциала научно-инженерных структур приоритетной задачей РИА остается обеспечение конструктивного взаимодействия с федеральными и региональными органами законодательной и исполнительной власти, а также выстраивание эффективных механизмов взаимодействия общества, бизнеса и государства, направленных на координацию совместных усилий при выработке и проведении национальной социально-экономической политики.

Российская инженерная академия — мощный двигатель интеграции инженерного сообщества не только в России, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья. Академия — своеобразный генератор свежих идей, содействующих развитию не только инженерных направлений реального сектора экономики страны, но и социально-экономического развития общества. Роль РИА в решении актуальных вопросов по разработке теоретических и практических основ создания принципиально нового технологического уклада, основанного на экономике знаний и конкурентоспособности во всех отраслях современного промышленного и аграрного производства, продолжает расти. Российская инженерная академия открыта для широкого сотрудничества со всеми творческими организациями и отдельными лицами.

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Саидмуродов Л. Х.

*Президент инженерной Академии Республики Таджикистан
академик МИА и ИАРТ, чл-корр. НАНТ, д.э.н., профессор*

Ключевые слова – Международная инженерная Академия (МИА); Инженерная академия Республики Таджикистан (ИАРТ); концепция научно-технической деятельности; взаимосвязь фундаментальных и прикладных исследований; формирование технического мышления.

Современная инженерная мысль — это, прежде всего, результат объединения идей и замыслов ведущих специалистов инженерной науки, в целях разработки наукоёмких технологий и решения научно-технических вопросов, направленных на обеспечение наиболее благоприятных условий жизни людей. Научная деятельность в области современной инженерии, как и любая другая научная деятельность, требует серьёзной координации научных исследований и, соответственно, организации необходимой площадки для сотрудничества ученых, исследователей и инженеров.

После распада СССР, на его пространстве, включая дальнейшее зарубежье, такой общепризнанной площадкой стала Международная инженерная Академия (МИА), возглавляемая общепризнанным ученым, крупным специалистом в области технологии бетона и бетонных конструкций, выдающимся организатором инженерной науки, академиком Гусевым Борисом Владимировичем. Его вклад, как первого президента МИА, по объединению усилий ученых и инженеров в целях создания единого научно-технического пространства стран СНГ, заслуживает очень высокой оценки. Сегодня без всяких сомнений можно сказать, что именно благодаря его мудрости, жизненному опыту и дальновидности, национальные инженерные академии бывшего СССР не только сохранили статус научных объединений, но внесли и вносят свой вклад в развитие современной инженерной науки.

Инженерная академия Республики Таджикистан (ИАРТ) не является исключением в этом процессе.

Созданию ИАРТ и её становлению во многом способствовали научные и дружеские отношения первого президента ИАРТ академика А. В. Вахобова с президентом Российской инженерной академии (РИА), Президентом МИА Б. В. Гусевым, президентом инженерной академии Грузии И. В. Прангишвили, академиком АН Узбекистана В. К. Кабуловым, академиком инженерной академии Казахстана Н. А. Байтеновым и К. Ч. Чашшиевым, академиком инженерной академии Кыргызстана С. А. Абдраимовым.

ИАРТ была создана в 1991 году как Таджикское отделение Инженерной академии СССР (ИА СССР) и региональное научно-производственное под-

разделение ИА СССР, осуществляющее свою деятельность на территории Таджикской ССР. В соответствии с уставом его работа была построена на основе коллективности руководства, творческой активности его членов и широкой гласности. Отделение было создано для обеспечения в Таджикской ССР взаимосвязи фундаментальных и прикладных исследований и производства в целях создания и внедрения в народное хозяйство новой техники и технологии, новых материалов и изделий на основе консолидации научно-потенциала учёных, инженеров, изобретателей и создания научно-производственных фирм нового типа (малые предприятия). Отделение действовало в тесном контакте с Кабинетом Министров Таджикской ССР и Академией наук Таджикской ССР, координировало свои исследования и разработки с научными учреждениями и вузами республики.

Инженерная академия Республики Таджикистан (ИАРТ) была зарегистрирована в Министерстве юстиции Республики Таджикистан 3 июля 1992 года.

По инициативе первого президента ИАРТ, доктора химических наук, профессора Вахобова А. В., крупного учёного в области металлургии и химии алюминия, в состав ИАРТ были приглашены уникальные и высококвалифицированные специалисты, работающие в различных областях науки, техники и технологий: Б. С. Сироджев (энергетика), Х. Р. Садыков и В. Г. Чекалин (информатика), К. А. Хасанова (медицина, экология Человека), Р. У. Вахобова (аналитическая химия), Д. Х. Каримов (экономика), Ф. Х. Каримов (геофизика) А. Х. Хасанов и С. Б. Бабаходжаев (геология полезных ископаемых), А. Х. Катаев (организация инженерной деятельности), З. Ё. Ёров (геология драгоценных камней), М. Н. Абдусаломова (материаловедение), А. Р. Кариев (технологии бентонита), Р. С. Мукимов (архитектура), И. А. Саидаминов (техника и технологии водообеспечения), Г. Н. Петров (гидроэнергетические сооружения), ученики А. В. Вахобова – И. Н. Ганиев, Т. Джурраев и Ф. У. Обидов, а также другие видные ученые.

В дальнейшем ряды академии пополнили крупные ученые, избранные впоследствии академиками МИА – М. Абдусаматов (инженерная экология), Азим Иброхим (геотектоника), Х. Мачидов (теплофизика и молекулярная физика), Ю. Н. Нуралиев (устойчивость железобетонных конструкций), З. А. Разыков (гидрометаллургия), Л. Х. Саидмуродов (экономика), М. М. Сафаров (теплофизика), А. Х. Аvezов (экономика) и членами-корреспондентами МИА - Р. У. Вахобова (аналитическая физика и химия), У. И. Муртазаев (управление водными ресурсами), Н. С. Ниязов (гидротехническое строительство), М. С. Саидов (гидрогеология), М. М. Юнусов (химическая технология) и другие

С самых начальных этапов становления и развития основная концепция деятельности академии определялась особенностями научно-технического развития и нужд Таджикистана, необходимостью укрепления инженерного потенциала страны.

Сегодня ИАРТ — это общественная, научно-техническая, творческая организация, объединяющая в своём составе на выборных основаниях передовую часть учёных и инженеров республики, для укрепления связей между фундаментальными исследованиями, техническими разработками, передовыми технологиями и производством с целью содействия устойчивому экономическому развитию Таджикистана. ИАРТ входит в состав Международной инженерной академии (МИА) и является членом Общественного Совета при Президенте Республики Таджикистан, возглавляемым Основателем мира и национального единства — Лидером нации, Президентом Республики Таджикистан, уважаемым Эмомали Рахмоном.

ИАРТ представляет собой одно из ведущих инженерно-технических и научных объединений Таджикистана, в состав которого входят действительные члены (академики), члены-корреспонденты, почетные академики, академические советники, доктора и кандидаты наук, заслуженные деятели науки и техники Таджикистана, авторы многочисленных патентов на изобретения. По состоянию на 2021 год в составе ИАРТ находятся 27 академиков и 47 член-корреспондентов. Из членов ИАРТ 12 являются академиками и 10 членами-корреспондентами МИА.

Исходя из потребностей народного хозяйства Республики Таджикистан, деятельность ИАРТ сконцентрирована в таких основных направлениях, как энергетика; водное хозяйство и гидротехника в агропромышленном комплексе; химические и биохимические технологии; технологии лёгкой и пищевой промышленности; строительство и архитектура; металлургия, материаловедение и машиностроение; инженерная экология и медикоэкологические проблемы; геология, добыча и переработка полезных ископаемых; системы коммуникации, транспорт, информатика и связь; экономика, право и социальные проблемы в инженерной деятельности.

В середине 90-х и начала 2000-х годов, в рамках ИАРТ под руководством академиков МИА А. В. Вахобова, Ф. У. Обидова и второго президента ИАРТ А. Х. Катаева, успешно работала группа «Сугран» по анализу и производству высокочистого алюминия. В эти годы деятельность членов академии была сосредоточена также в решении экологических вопросов, в том числе, экологических проблем Аральского моря, а также охраны и рационального использования водных ресурсов Таджикистана. ИАРТ выступила инициатором и организатором региональных и международных конференций — «Инженерные проблемы охраны и рационального использования водных ресурсов Таджикистана», «Памир — источник пресной воды в Центральной Азии», Форума ООН «Год пресной воды-2003» в г. Душанбе и мероприятий по реализации «Десятилетия действий «Вода для жизни», 2005–2015 годы», объявленного Генеральной Ассамблеей ООН от 23 декабря 2003г. по предложению Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона.

Важными направлениями научной деятельности членов ИАРТ являются такие вопросы, как фундаментостроение в сложных инженерно-геологических

условиях, решение гидроэнергетических проблем, в том числе строительство Рогунской ГЭС, снижение рисков стихийных бедствий и управление этими рисками, а также проблемы сейсмостойкого строительства и сейсмологии.

Члены ИАРТ работают в таких современных областях науки, техники и инженерии, как нанотехнологии, в частности, применение нанотрубок в медицине и исследование их теплоемкости, а также исследования в области информационной экономики, микромагнитных наноструктур и теплофизических свойств наноматериалов в твердых, жидких и газообразных состояниях.

Учеными академии разработана технологическая схема обогащения сурьмяно-ртутных золотосодержащих руд нижних горизонтов Джижикрутского месторождения в Таджикистане, позволяющую исключить из процессов флотации токсичные соли тяжёлых металлов. Разработаны схемы получения полупроводниковых кристаллов для передачи энергии на большие расстояния и технологии переработки золотосодержащих руд, технология генного модифицирования и легирования металлических сплавов.

Члены ИАРТ разрабатывают инженерно-технические проекты; программы и предложения по разработке и внедрения новой технологии и техники, и научно-технических решений; проводят научно-технические конференции, семинары; участвуют в издательской деятельности; посредством членства в академии развивают международные связи; оказывают консультативные услуги по инженерным вопросам предприятиям, учреждениям республики, физическим и юридическим лицам.

В последние годы члены ИАРТ принимали активное участие в разработке государственных концепций, стратегий и программ развития Республики Таджикистан, в том числе, Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года; Программы среднесрочного развития Республики Таджикистан в периоды 2016–2020 и 2021–2025 годов; Концепция и Стратегия ускоренной индустриализации Республики Таджикистан; Концепция развития цифровой экономики в Республике Таджикистан и др.

По инициативе Основателя мира и национального единства — Лидера нации, Президента Республики Таджикистан, уважаемого Эмомали Рахмона в Республике Таджикистан 2020–2040-е годы объявлены Годами развития точных и естественных наук, что накладывает на членов ИАРТ особые обязательства по расширению использования современных технологий во всех сферах национальной экономики, укреплению технического мышления населения, прежде всего, молодёжи, инициированию эффективных связей науки с производством.

В этом аспекте, важное значение будет иметь еще большее укрепление научных и научно-технических связей ИАРТ с МИА, что станет мощным импульсом для реализации основной уставной задачи ИАРТ — формирование в таджикском обществе технического мышления и расширения научного мировоззрения.

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ВСПЫШЕК ТЯЖЁЛОГО ОСТРОГО РЕСПИРАТОРНОГО СИНДРОМА

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO PREDICT THE OUTBREAKS OF SEVERE ACUTE RESPIRATORY SYNDROME

*Прангишвили А. И., Намичейшвили О. М.,
Инженерная академия Грузии, Тбилиси
a_prangi@gtu.ge, o.namicheishvili@gtu.ge*

*Prangishvili A. I., Namicheishvili O. M.,
Engineering Academy of Georgia, Tbilisi*

Аннотация. Модели, основанные на ИНС (Искусственных Нейронных сетях), пока не используются в Грузии широко для оценки подтвержденных случаев заболевания COVID-19. Эти модели должны будут опираться на данные историй о подтвержденных случаях заболевания, с концентрацией внимания на инкубационный период, который, возможно, будет оказывать влияние на процесс оценки. Как обычно, данные предстоит разделить на обучающую и испытываемую выборки.

Abstract. Models based on INS (Artificial Neural Networks) are still used widely in Georgia to assess confirmed cases of COVID-19. These models will have to rely on evidence-based case stories, with an focus on the incubation period likely to have an impact on the evaluation process. As usual, the data will have to be divided into training and testing samples.

Ключевые слова. Вирусная вспышка, тяжёлый острый респираторный синдром – атипичная пневмония, модель прогнозирования, искусственная нейронная сеть, искусственный интеллект, оценка на основе модели.

Keywords: viral outbreak, severe acute respiratory syndrome – atypical pneumonia, prediction model, artificial neural network, artificial intelligence, model-based assessment.

Введение. Год назад в февральском номере **Forbes** (*Форбс*) —американский финансово-экономический журнал с рекламным лозунгом «The Capitalist Tool» (*Инструмент капиталиста*), одно из наиболее авторитетных и известных экономических печатных изданий в мире, основанное в 1917 году Берти Форбсом (Bertie Charles Forbes, 1880–1954), американским журналистом шотландского происхождения писал, что, согласно моделированию с использованием искусственного интеллекта (ИИ), коронавирус может заразить до 2,5 миллиардов человек за 45 дней, из которых 52,9 миллиона могут умереть от болезни. К счастью, условия заболевания меняются, а способы рас-

пространения и обнаружения становятся более точными, что меняет важные факторы, которые программа моделирования не принимает во внимание. Это означает, что мы, несомненно, в большей безопасности, чем полагаем.

В силу своей рациональности или нет, страх перед коронавирусом распространяется по всему миру. В США местные жители набрасываются на противогазы. В Канаде, где проживает большая китайская община, хирургические маски продаются как горячие пирожки в подземных переходах заснеженной Москвы, Индия не справляется с инфицированными и люди, остро нуждающиеся в кислороде, умирают от его нехватки в стране. United Airlines, Air France и другие авиакомпании отменяют рейсы, а в минувшем году тысячи пассажиров на борту круизного лайнера оказались на карантине за пределами родины после обнаружения инфекции.

Новый веб-сайт, который отслеживает распространение коронавируса в реальном времени по всему миру, сообщает количество задокументированных случаев инфицирования, равно как и количество смертей и выздоровлений. Вся эта информация побудила в своё время Джеймса Росса (James Ross), соучредителя стартапа Hedge Chatter, создать программу для оценки общего глобального распространения коронавируса.

Интересно послушать его объяснения : «Я начал с ежедневного распределения, используя данные, опубликованные китайскими властями. Затем я взял эти данные и отправил их в ИИ, который работает с рекуррентной нейронной сетью, и запустил моделирование 10 миллионов раз. Этот результат соответствовал прогнозам на следующий день. После того как это число было отредактировано, я добавил его в набор данных и повторил операцию 10 миллионов раз».

Пока что результаты предсказывают цифры на следующий день с погрешностью в 3%. Но долгосрочные результаты гораздо более пугающие. Согласно программе, коронавирус может заразить 50 000 пациентов и вызвать 1 000 смертей за одну неделю, затем 208 000 пациентов и 4 400 смертей за две недели. Их количество быстро увеличивается, поскольку каждый пациент заражает окружающих. Таким образом, по оценкам ИИ, 2 миллиона человек могут умереть от этой болезни за 30 дней. Тут самое время ухватиться за сердце !

И простой человек тешит себя тем, что программа, наверно, не знает всех факторов вируса, но этот недостаток программы хорошо известен Джеймсу Россу. С другой стороны, по мнению многих специалистов в области здравоохранения, обнадёживающим фактором является то, что условия коронавируса меняются, и данные, которыми питается программа, должны отражать эти метаморфозы и, таким образом, прогнозы, возможно, могут оказаться пересмотренными в сторону понижения.

Среди этих изменений, несомненно, самым важным является уровень смертности. Профессор Ейял Лешем (Eyal Leshem) из Медицинского центра Шиба (Sheba) в Израиле объясняет: «Если у значительной части инфици-

рованных людей нет симптомов или симптомы легкие, об этих пациентах можно не сообщать. Таким образом, фактическое количество случаев заболевания в мире, возможно, намного выше, чем можно было бы подумать. Это может означать, что уровень смертности (в настоящее время оцениваемый в несколько процентов инфицированных) может быть и ниже».

Другими словами, более широкое распространение вируса на первый взгляд может показаться не очень хорошей новостью, но на самом деле это обстоятельство может снизить уровень смертности с учётом наличия бессимптомных, которые не отражены в статистике случаев заболевших. С этого момента коронавирус становится менее опасным.

Доктор Амеш Адаля (Amesh Adalja), главный научный сотрудник Центра безопасности здоровья Джона Хопкинса (Балтимор), добавлял в своё время к этому объяснению: «Уровень смертности снижается, поскольку мы понимаем, что большинство случаев не являются серьезными. Как только тестирование будет проведено на большей части населения (а не только на госпитализированных пациентах), мы увидим, что масштабы болезни не превращают ее в серьезную пандемию». Увы ! Всё оказалось далеко не так.

Брайан Лабус (Brian Labus), ассистент-профессор Школы общественного здравоохранения Университета Невады в Лас-Вегасе, сравнивал в недалёком прошлом коронавирус с гриппом: «Уровень смертности, наблюдаемый в начале эпидемии, обычно завышен, потому что мы сначала смотрим на самых больных людей. Среди них многие не выживают, что дает искажённую картину. Прогнозы программы для оценки общего глобального распространения коронавируса нереалистичны. В прошлом году гриппом за 7–8 месяцев заразилось около 8% населения, в то время как, по данным ИИ, треть населения Земли заболела за 6 недель».

Все эти факторы имеют критические последствия для уровня инфицирования и смертности, и даже небольшие изменения имеют огромное влияние на компьютерные прогнозы. Доктор Джек Риган (Jack Regan), генеральный директор и основатель LexaGene, компании, которая производит автоматизированное диагностическое оборудование, говорил год назад: «Небольшие изменения в передаваемости, летальности и т. д. могут существенно повлиять на уровень смертности во всем мире».

А чуть позже он продолжал: «Пока с каждым днем только увеличивается количество случаев и смертей. Поскольку кажется, что каждый пациент заражает нескольких людей вокруг себя, скорость распространения увеличивается, что еще больше затрудняет сдерживание вируса. Понятно, что эта болезнь будет распространяться и дальше, и есть шанс, что мы не сможем взять её под контроль. Следовательно, коронавирус вполне может стать пандемией».

Другими словами, несмотря на все медицинские усилия, коронавирус вполне реализовал угрозу глобального распространения. Но благодаря пред-

принимаемым инициативам это вполне может оказаться менее смертоносным, чем ожидалось.

В конце концов, грипп существует всегда (и считается, что он стал причиной 50 миллионов смертей после Первой мировой войны), и он шествует по миру. По официальной статистике в этом году он уже затронул 19 миллионов человек, вызвал 180 000 госпитализаций и убил 10 000 пациентов только в Соединенных Штатах Америки.

А как-же быть с Джеймсом Россом и его тревожащей программой? Исследователям вполне достаточно убедительно доказать, что искусственные нейронные сети, особенно рекуррентные и их разновидности, можно использовать для прогнозирования многомерных временных рядов, отражающих текущие значения характеристик процесса развития инфекции в глобальном и локальном масштабах. А правительствам достаточно будет понять, что превентивные меры сегодня позволяют экономить средства и ресурсы завтра.

Интерпретация задачи прогнозирования эпидемической ситуации. Официальная текущая статистика ежедневно публикует данные об общем количестве выявленных заболевших $I(t)$ (Infected) на текущий день t , выздоровевших от болезни $R(t)$ (Recovered), умерших $D(t)$ (Deceased) и количестве болеющих, т. е. числе активных случаев $A(t)$ (Active Cases). Ключевыми параметрами, определяющими динамику данных статистики, являются предсказания значений процентного прироста указанных показателей в грядущие дни $t+1, t+2, t+3, \dots, t+T$. Поэтому наш временной ряд является многомерным, по крайней мере, четырёхмерным и для его надёжной обработки с целью прогнозирования последующих значений векторов с перечисленными компонентами, наиболее разумно использование рекуррентных нейронных сетей. О причинах сего и пойдет речь далее.

Критический обзор рекуррентных нейронных сетей. Рекуррентные нейронные сети (RNN — Recurrent Neural Networks) стали конкурентными методами прогнозирования, однако надо учитывать, что применяемые статистические модели популярны не только благодаря своей высокой точности, но и тем, что они подходят для неспециалистов, поскольку надежны, эффективны и требуют минимума вмешательств. В этих областях рекуррентным нейронным сетям еще предстоит пройти долгий путь. Мы представляем обширное эмпирическое исследование и программный фреймворк с открытым исходным кодом существующих архитектур RNN для прогнозирования, которые позволяют нам разрабатывать руководящие принципы и лучшие практические образцы для их использования. Например, RNN могут напрямую моделировать сезонность, если ряды в наборе данных имеют однородные сезонные закономерности.

Модели RNN не являются серебряной пулей, но они являются конкурентоспособной альтернативой во многих ситуациях.

Сфера прогнозирования в прошлом характеризовалась тем, что специалисты-практики, с одной стороны, отказываются от нейронных сетей (NN)

как неконкурентоспособных, а энтузиасты NN, с другой стороны, представляют много сложных новых архитектур NN, в основном без убедительных эмпирических оценок по сравнению с более простыми одномерными статистическими методами. В частности, это представление было подтверждено многими прогнозами временных рядов.

Существует ряд возможных причин низкой производительности нейронных сетей в прошлом, одна из которых заключается в том, что отдельные временные ряды обычно слишком короткие, чтобы их стоило моделировать с использованием сложных подходов.

Другая возможность может заключаться в том, что характеристики временного ряда со временем изменились так, что даже длинные временные ряды могут не содержать достаточно релевантных данных, чтобы соответствовать сложной модели. Таким образом, чтобы смоделировать последовательности с помощью комплексных подходов, важно, чтобы они имели адекватную длину, а также чтобы они генерировались сравнительно стабильной системой. Кроме того, нейронные сети подвергаются критике и за их природу черного ящика. Таким образом, специалисты по прогнозированию традиционно чаще выбирают более простые статистические методы.

Однако сейчас мы живем в эпоху *больших данных*. Компании собрали множество данных за годы, которые содержат важную информацию об их бизнес-моделях. Большие данные в контексте временных рядов не обязательно означают, что отдельные временные ряды содержат много данных. Скорее, обычно, это означает, что существует много связанных временных рядов из одной и той же области. В таком контексте методы одномерного прогнозирования, которые рассматривают отдельные временные ряды изолированно, могут и не дать надежных прогнозов. Они становятся неприемлемыми для контекста больших данных, где одна модель может учиться одновременно на многих похожих временных рядах. С другой стороны, более сложные модели, такие как основывающиеся на нейронных сетях, больше всего выигрывают от доступности огромных объемов данных.

Таким образом, исследователи в настоящее время успешно изучают возможность применения нейронных сетей в качестве замещения для многих других методов машинного обучения и статистики. В частности, есть случаи, когда с помощью рекуррентной нейронной сети (RNN) добиваются впечатляющих результатов по прогнозированию временных последовательностей и выигрывают специальные соревнования. Другие примеры новых успешных разработок в этой области — это такие новаторские архитектуры, как глубокая дополненная реальность (Deep AR - Deep Augmented Reality), многоквантильная рекуррентная нейронная сеть (MQRNN — Multi-Quantile Recurrent Neural Network), сплайн-квантиль функция рекуррентной нейронной сети (SQF RNN — Spline Quantile Function RNNs), модели глубокого пространства состояний (DSSM — Deep State Space Models) для вероятностного прогнозирования и другие. В литературе есть еще много примеров, ког-

да исследователи либо вводят новые архитектуры рекуррентных нейронных сетей, либо экспериментируют с существующими архитектурами для прогнозирования с использованием различных наборов данных. Тем не менее, во многих случаях новые архитектуры ещё не проходили тщательную проверку на работоспособность. Некоторые из них на самом деле по сравнению с производительностью самых современных методов статистического прогнозирования, таких как Exponential Smoothing (ETS), и многие исследователи не предоставляют воспроизводимый код для прогнозирования сообщества, над которым можно работать без проблем.

Напротив, популярные статистические модели, такие как ETS и ARIMA, которые традиционно поддерживали прогнозирование в одномерном контексте, приобретают популярность не только из-за своей высокой точности. Они также имеют преимущества относительной простоты, надежности, эффективности и доступности, так что легко могут быть использованы даже неопытными лицами. Например, предназначенный для прогнозирования пакет на алгоритмическом языке R реализует ряд статистических методов, связанных с прогнозированием, таких как ARIMA, ETS, Seasonal and Trend Decomposition с использованием Loess (STL Decomposition) в едином связанном программном пакете. Этот пакет все еще затмевает многие — позже разработанные — другие пакеты прогнозирования, в основном из-за их простоты, точности, надёжности и лёгкости использования.

Следовательно, многие пользователи традиционных одномерных методов не будут иметь опыта разработки и адаптирования сложных моделей рекуррентных нейронных сетей. Они захотят применить конкурентоспособные, но простые в использовании модели, которые могут заменить одномерные модели, которые они в настоящее время используют в производстве. Поэтому независимо от недавних успехов рекуррентных нейронных сетей в прогнозировании, они всё ещё будут неохотно прибегать к ним в качестве альтернативы, поскольку могут не обладать экспертными знаниями для адекватного использования рекуррентных нейронных сетей и достижения удовлетворительной точности. Это также напрямую связано с недавно возникшим спором в среде прогнозистов относительно того, что стандартные методы глубокого обучения могут превзойти классические тесты. Более того, помимо вышеупомянутых интуитивных представлений о сравнении коротких изолированных временных рядов с базами данных больших временных рядов, не существует установленных руководящих принципов относительно того, когда традиционные статистические методы превзойдут рекуррентные нейронные сети, и какая конкретная архитектура такой сети должна использоваться в противовес другой или как их параметры должны быть подобраны и настроены так, чтобы соответствовать практическому контексту прогнозирования. Хотя результаты конкурсов по прогнозированию ясно продемонстрировали потенциал рекуррентных нейронных сетей, однако остается неясным, как конкурентоспособные рекуррентные нейронные сети смогут

проявить себя на практике при автоматическом стандартном подходе, без обширного участия экспертов, как это бывает в контексте соревнований.

Таким образом, очевидно, что сообщество прогнозистов выиграет от использования стандартной реализации программного обеспечения, а также руководящих принципов и обширных экспериментальных сравнений характеристик традиционных методов прогнозирования с различными доступными архитектурами рекуррентных нейронных сетей. Нами ведутся исследования и получены интересные результаты по рекуррентным нейронным сетям для прогнозирования временных рядов, изучению текущего состояния в области глубоких сетей этого класса с планированием и их более масштабного использования для предсказания опасных инфекционных вспышек.

Однако в целом пока мало работ посвящено разработке стандартного программного обеспечения в этой области. Их можно на пальцах пересчитать. В первую очередь следует назвать пакет, который разработал Tensorflow на языке Python для моделирования структурных временных рядов с использованием Tensorflow Probability Library. Этот пакет обеспечивает поддержку для генерирования вероятностных прогнозов моделированием временного ряда как суммы нескольких структурных компонентов, таких как сезонность, локальные линейные тренды и внешние переменные. GluonTS, библиотека прогнозирования с открытым исходным кодом на основе Python, недавно, в 2019 году, представленная группой исследователей [1], специально разработана для прогнозирования с помощью простых экспериментов с использованием глубоких нейронных сетей, на что указано и в работе [2].

Заключение. Мотивация этого исследования состоит в рассмотрении некоторых ключевых направлений использования RNN для прогнозирования развития эпидемических ситуаций, а также в оценке возможности и характера распространения сведений об этих сетях среди специалистов-практиков статистического прогнозирования с ограниченными знаниями в сфере нейронных сетей.

Список литературы

1. Alexandov A., Benidis K., Bohlke-Schneyder M., Flunkert V., Gasthaus J., Januschowski T., Maddix D. C., Rangapuram S. S., Salinas D., Schulz J., Stella L., Türkmen A. C., Wang Y. GluonTS: Probabilistic Time Series Models in Python. CoRR (Computing Research Repository) abs / 1906.05264 // 2019. URL <http://arxiv.org/abs/1906.05264>
2. Hansilka Hewamalage, Cristoph Bergmeir, Kasun Bandara. Recurrent Neural Networks for Time Series Forecasting: Current Status and Future Directions // Preprint, September, 2019; last revised December 2020. URL <https://arxiv.org/pdf/1909.00590.pdf>

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ ТАЙВАНЯ

Самуэль Йен-Лян Инь

*Почетный Президент Международной инженерной академии
(МИА), Основатель Премии Тан
CEO, Ruentex Group*

Аннотация. В настоящее время рынок труда на Тайване претерпевает структурные изменения из-за старения населения и низкого уровня рождаемости, что приводит к острой нехватке рабочей силы в традиционной строительной отрасли. Из-за нехватки рабочей силы строительство, как правило, отстает от графика государственных или частных строительных работ. Это основная проблема строительной отрасли Тайваня. Таким образом, автоматизация строительства и технология строительства из сборного железобетона рассматриваются как альтернативы нехватке рабочей силы. 20 лет назад автор представил на Тайване технологии сборного железобетона из Европы и Японии. До настоящего времени технологии сборного железобетона хорошо развиты, чтобы соответствовать местным условиям, а также создают множество инновационных технологий и патентов. Поскольку инновационные технологии нацелены на автоматизацию, экономию труда и ускорение, нехватку рабочей силы можно надлежащим образом преодолеть в строительной отрасли. Среди технологий, две типичные технологии, многоспиральное армирование сдвигом и сборные вафельные плиты, проиллюстрированы в этой статье с их техническим содержанием и практической эффективностью.

1. Введение

Технологии сборного железобетона были представлены на Тайване несколько десятилетий назад. В то время технологии основывались на зарубежных географических и климатических условиях, которые не могли применяться ко всем строительным работам на Тайване. После больших усилий по исследованию и совершенствованию технологий они были адаптированы к строительным условиям Тайваня. Кроме того, на Тайване были получены патентные права на сотни технологий, включая метод строительства сборных железобетонных изделий, обработку арматуры, виброизоляцию и так далее. Эти инновационные технологии широко используются в жилых домах Тайваня и на высокотехнологичных заводах, а также экспортируются в Сингапур и материковый Китай.

Тайвань — важный город в мировой полупроводниковой промышленности. Чтобы повысить глобальную конкурентоспособность, владельцы высокотехнологичных предприятий должны постоянно расширять предприятия, чтобы сохранить лидирующие позиции в мире. Как правило, при строительстве заводов собственники учитывают качество, стоимость и срок строительства. В тех же условиях владельцы склонны тратить больше средств на сокращение периода строительства, на что сильно влияет нехватка рабо-

чей силы. Однако методы строительства из сборного железобетона позволяют нивелировать трудовые ресурсы отрасли, и большинство строительных работ могут выполняться без сбоев.

Кроме того, поскольку мировые цены на недвижимость продолжают расти, молодое поколение испытывает сильное давление со стороны покупки домов. Чтобы гарантировать проживание, правительство начинает строить многочисленные муниципальные дома. С большими ожиданиями народа правительство должно ускорить строительство домов как можно скорее. Следовательно, нехватка рабочей силы вызывает задержку строительных работ, поскольку правительство не может обременять заработную плату рабочих в рамках нынешнего бюджета. Поскольку нехватка рабочей силы становится серьезной проблемой, правительство прилагает все усилия для поиска решений.

Многоспиральная арматура сдвига и сборные вафельные плиты являются важными патентами на изобретения, принадлежащими автору, которые также являются техническими показателями автоматизации строительства и методов сборного железобетона. Обе технологии широко используются в строительных работах. В следующих параграфах предприятиям рассказывается об успешном практическом опыте применения технологий на Тайване.

2. Усиление мультиспиральным сдвигом

Инновационная концепция применения многоспиральной поперечной арматуры (5-спиралей) в прямоугольных колоннах была разработана в 2003 году доктором Ю. Л. Инь [1], президентом Ruentex Group, поэтому ее также называют «спиралями Инь». Эта технология получила патенты на изобретения в семи странах. До настоящего времени он широко использовался в производстве сборных железобетонных изделий и считается важным показателем автоматизации строительства. Вместо традиционного проектирования круглых обручей для круглых колонн и прямолинейных хомутов для прямоугольных колонн, многоспиральное армирование использует взаимосвязанные круглые спирали с разным размером, чтобы соответствовать поперечному сечению прямоугольных колонн (Рис. 1). В отличие от эффективности удержания прямолинейных хомутов снижается при растрескивании бетонного покрытия, круговые спирали могут обеспечивать стабильную боковую ограниченную силу до разрушения спиральной стали и, следовательно, уменьшать количество поперечной арматуры до 50 %.

Многоспиральные бетонные колонны, которые были хорошо ограничены непрерывными спиралями, демонстрируют отличные характеристики, включая осевую прочность на сжатие, осевую пластичность и сейсмические характеристики. После серии полномасштабных сейсмических экс-

периментальных исследований [2, 3, 4] было доказано, что коэффициент бокового дрейфа многоспиральных колонн может достигать 8 %, что значительно увеличивает способность выдерживать боковую деформацию до 60 %.

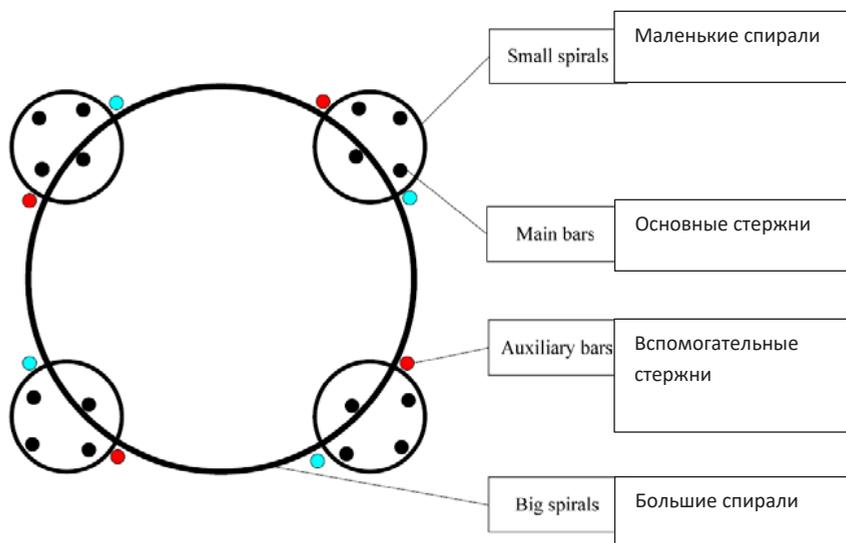


Рис. 1. Арматурный каркас с многоспиральными хомутами

Сборка мультиспирали

Для сборки мультиспиралей необходимы вспомогательные рамки. При разработке рам преследуются 3 основные цели, а именно «контроль расстояния», «контроль прямолинейности» и «поддержка». Регулировка расстояния в основном обеспечивает шаг спиралей в соответствии с расчетным значением, а основная форма называется «рама CD», которая может быть деревянной, стальной трубой, железным стержнем или бетонным стержнем в зависимости от производственной среды и удобства. Как правило, максимальный шаг между стандартными спиральями составляет 75 мм, а конструкция пресс-формы основана на требованиях, содержащихся в чертеже конструкции. Рама компакт-диска должна быть закреплена на форме или опоре для обеспечения точного контроля шага спирали. Контроль прямолинейности спиралей важен, поскольку он может повысить эффективность основных стержней, проходящих позади, а также предотвратить «запутывание» между основными стержнями и спиральями. Кроме того, может быть улучшено качество арматурного каркаса. Поддержка в основном является соображением экономии трудозатрат, так как рама компакт-дисков с небольшими спиральями должна поддерживаться с помощью рам спереди и сзади, чтобы сэкономить силы оператора. На рис. 2 показана процедура сборки многоспиральных сепараторов.



(a) Положение спиралей.



(b) Регулировка спиралей.



(c) Сборка спиралей.



(d) Использование шаблонов на обоих концах клеток, чтобы расположить основные стержни.

Рис. 2. Последовательность сборки многоспиральных хомутов

3. Прекаст «вафельные» плиты для высокотехнологичных заводов

Некоторые высокотехнологичные заводы требуют использования плит толщиной от 30 до 115 см, чтобы минимизировать вибрацию окружающей среды в процессе производства микросхем. Окружающая вибрация может иметь большое влияние на «выход стружки». Кроме того, в плитах должны быть отверстия для циркуляции воздуха. Этот тип плиты называется «вафельной плитой» [5]. Вафельные плиты состоят из расположенных на одинаковом расстоянии двухсторонних ребер жесткости, а многочисленные первичные отверстия для циркуляции воздуха или других механических нужд являются одним из узких мест при строительстве высокотехнологичного завода. Вместо конструкции вафельных плит, монтируемых на месте, Ruentex Group разработала полную / частичную систему вафельных плит из сборного железобетона, включая метод заводского изготовления армированного каркаса, систему сборных форм, методы строительства с помощью мостового крана или рельсового транспортного средства, работающего под землей. строительный уровень.

Производство арматурного каркаса

Следующие шаги подробно описывают процедуру сборки арматурных каркасов для сборных вафельных плит на заводах (рис. 3).

1. Изготовление арматуры и обручей.

2. Сборка и размещение арматуры по оси X
3. Сборка и размещение арматуры по оси Y
4. Связывание арматурного каркаса.
5. Сборка завершена.



(а) Монтаж арматуры вафельных плит по одному направлению



(b) Монтаж арматуры вафельных плит другого направления



(с) Сборка завершена

Рис. 3. Порядок сборки арматурных каркасов для сборных вафельных плит

Производство сборных вафельных плит

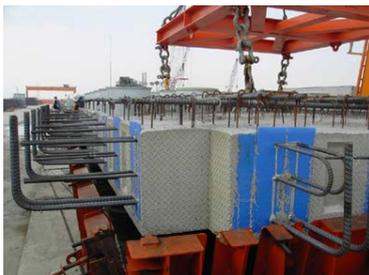
Стальные опалубки используются для контроля точности сборных вафельных плит. Соответствующие размеры опалубки и принадлежностей должны быть проверены на соответствие контракту, после чего следует установить и выровнять нижнюю станину. Допустимый допуск плоскостности дна формы составляет 0,5 мм. После завершения проверки опалубки арматурный каркас перемещается и располагается внутри формы (Рис. 4). Арматурный каркас связывают перед укладкой бетона. Отверждение паром можно использовать для ускорения набора прочности бетона. Обычно готовые плиты можно перемещать на склад после 8-часового отверждения.



(а) Расположение арматурного каркаса



(б) Паровая обработка вафельных пластин



(с) Удаление вафельных пластин



(д) Хранение вафельных плиток

Рис. 4. Производство сборных вафельных плит

Полу-сборные вафельные плиты

1. Монтаж мостовых кранов и строительного оборудования.
2. Обследуйте положение колонн, чтобы убедиться, что они находятся в пределах проектных допусков.
3. Изготовление нижней арматуры и сдвиговой арматуры для балок.
4. Подъем и выравнивание сборных вафельных плит.
5. Укладка бетона. В случае полу-сборных плит сборные элементы являются монолитными с монолитными балками и верхней плитой. Для полных сборных плит плиты соединяются с монолитными балками.

Ниже приведены примеры шагов для создания полу- и полностью сборных вафельных плит (рис. 5).



(а) Изготовление арматуры для балок.



(б) Поднимайте сборные вафельные плиты с помощью мостовых кранов.

Рис. 5. Примеры этапов строительства сборных вафельных плит



(с) Разместите полуфабрикатные плиты



(d) Разместите полные сборные плиты

Рис. 5. (окончание). Примеры этапов строительства сборных вафельных плит

Оценка преимуществ сборных вафельных плит организована и обобщена в таблице ниже.

	Полностью сборная вафельная плита	Пол-сборные вафельные плиты	Традиционная монолитная конструкция
Время строительства (скорость)	3 пролета / 2 дня	1 пролет в день	0,5 пролет / день
Стоимость безопасности	20 %	20 %	100 % (массивные обломки)
Требование к рабочей силе	17 рабочих / день	30 рабочих / день	105 рабочих / день
Расход арматуры	Наименьшая	Низкая	Высокая
Число единиц	9(плит/день) × 30(м ² /плиту) / 17 рабочих	6(плит/день) × 30(м ² / плиту) / 30 рабочих	3(плит/день)*30(м ² / плит)/105 рабочих

4. Выводы

В этой статье представлены две инновационные технологии с функцией экономии труда. При обычном применении этих технологий в строительных работах на Тайване можно не только избавиться от нехватки рабочей силы, но и изменить структуру отрасли. Строительная промышленность Тайваня входит в новое поколение автоматизации, экономии труда и ускорения.

Литература

1. Ping-Hsiung Wang, “A study on new type of rectangular concrete column confinement”, Master thesis instructed by Professor Cheng-Kuo Chang, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, June 2004.
2. Yan-Liang Yin, “Multi-Spiral stirrups” with Taiwan patent no. M241456

3. Yan-Liang Yin, Cheng-Chiang Wong, Jui-Chen Wang, Ching-Yu Liang and Chun-Ming Huang (April 2006), "Test and development for application of 5-spirals on rectangular SRC columns", Chinese Society of Structural Engineering (CSSE), Journal of structural engineering.
4. Cheng-Kuo Chang, Jui-Chen Wang and Ping-Hsiung Wang, "A study of test on confining behavior from one-bar hoop and wire mesh hoop", Research report from Taiwan Construction Research Institute, 2003.
5. Yin, S. Y. L., Lai, S. H., Kuo, C. C., Wang, J. C. (2004). "New generation of construction method for hi-tech plants." Conference on cross-strait collaboration in civil engineering.

NEW TRENDS IN THE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF TAIWAN'S CONSTRUCTION INDUSTRY

Samuel Yen-Liang Yin

Honorary president, International Academy of Engineering (IAE),

Founder, Tang Prize,

Group CEO, Ruentex Group

Abstract: Nowadays, labor market in Taiwan has a structural change due to population aging and low fertility rate, which result in a severe labor shortage in conventional construction industry. Owing to the shortage of labor, construction progresses are usually behind schedule in governmental or private construction works. This is the main problem faced by construction industry in Taiwan. In this way, construction automation and precast concrete construction technology are regarded as alternative solutions to labor shortage. The author has introduced precast technologies from Europe and Japan into Taiwan 20 years ago. Till the present, the precast technologies are well developed to fit in the local conditions, as well as create a lot of innovative technologies and patents. As the innovative technologies focus on automation, labor-saving, and acceleration, the labor shortage can be properly overcome in construction industry. Among the technologies, two representative technologies, multi-spiral shear reinforcement and precast waffle slabs, are illustrated in this paper with their technical contents and implemental effectiveness.

1. Background

The precast technologies have been introduced to Taiwan several decades ago. At that time, the technologies are based on foreign geographical and climatic conditions, which could not be applied to all Taiwan construction works. After making great effort to research and improve the technologies, they have been adjusted to fit in Taiwan's constructing conditions. Besides, hundreds of technologies have been obtained patent rights in Taiwan, including precast constructing method, rebar processing, vibration isolation and so on. These innovative technologies are widely used in Taiwan's residential buildings and high-tech factories, and have also been exported to Singapore and Mainland China.

Taiwan is an important town in the global semiconductor industry. In order to increase the global competitiveness, owners of high-tech industry have to expand factories continuously, so that they can keep the leading position around the world. Generally, owners take quality, cost and construction period into account when building factories. Under the same conditions, owners tend to spend more cost to shorten the construction period, which is influenced a lot by labor shortage. However, the precast construction methods allow the labor resources of the industry to be leveled, and most construction works can be performed smoothly.

In addition, as global house prices keep increasing, young generation suffers a great pressure from buying houses. In order to guarantee of residency, the government starts to build numerous council houses. With high expectation by the people, the government must speed up to build the houses as soon as possible. Consequently,

labor shortage causes the delay of construction works since the government cannot burden worker's salaries within the present budget. As labor shortage becomes a critical problem, the government works hard on finding solutions.

Multi-spiral shear reinforcement and precast waffle slab are important invention patents owned by the author, which are also the technical indicators of construction automation and precast methods. Both technologies have been widely used in construction works. The successful applied experiences of the technologies in Taiwan are shared in the following paragraphs for the businesses to review.

2. Multi-spiral shear reinforcement

The innovative concept of applying the multi-spiral shear reinforcement (5-spirals) in rectangular columns was developed in 2003 by Dr. Y. L. Yin[1], president of Ruentex Group, thus also called "Yin's spirals." This technology has obtained invention patents in seven countries. Up to the present, it has been widely used in precast engineering and is regarded as an important indicator for construction automation. Instead of traditionally designing circular hoops for circular columns and rectilinear stirrups for rectangular columns, the multi-spiral reinforcement adopts interlocking circular spirals with difference size to fit the cross-section of rectangular columns (Figure 1). Unlike the confinement effectiveness of rectilinear stirrups are decreasing with spalling of concrete cover, the circular spirals could provide stable lateral confined force until fracture of the spiral steel and consequently reduce the amount of transverse reinforcement by up to 50%.

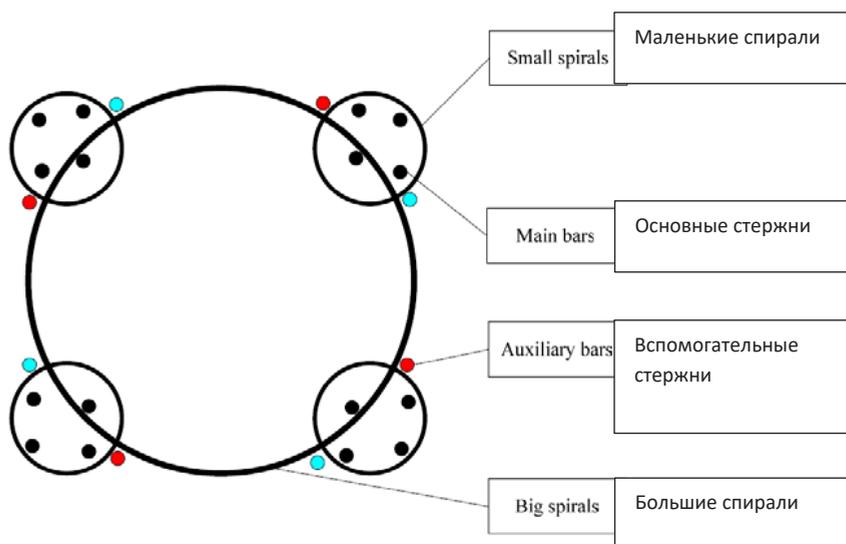


Figure 1. Reinforcement cage with Multi-spiral stirrups

The multi-spiral concrete columns which were well confined by continuous spirals exhibit excellent behaviors including axial compressive strength, axial ductility and seismic performance. After a series of full-scale seismic experimental

studies[2, 3, 4], it were proven that the lateral drift ratio of multi-spiral columns can reach 8%, greatly increasing ability to withstand lateral deformation by up to 60%.

Assembly of the multi-spiral

Some auxiliary frames are necessary for assembling the multi-spirals. There are 3 major objectives for designing the frames, namely “spacing control”, “straightness control” and “support”. The spacing control mainly provides for the pitch of spirals according to the design value and the basic mold is referred as “CD frame” that can be wood, steel pipe, iron bar or concrete stick depending on the manufacturing environment and convenience. Basically, the maximum pitch between common spirals is 75mm and the mold design is based on the requirement in the structural design drawing. The CD frame must be secured on the mold or support to ensure accurate control of spiral pitch. The straightness control of the spirals is significant since it can improve the efficiency of the main bars passing behind, as well as preventing “tangling” between the main bars and the spirals. In addition, the quality of the reinforcement cage can also be enhanced. The support is mainly a consideration of saving labor’s effort, since the CD frame of small spirals must be supported via frames in the front and the back to save the operator’s power. Figure 2 shows the procedure for assembling the multi-spiral cages.



(a) Position of the spirals.



(b) Adjustment of the spirals



(c) Assembly of the spirals.



(d) Use templates at both ends of the cages to position the main bars.

Figure 2. Assembling sequence of Multi-Spiral stirrups

3. Precast waffle slabs for hi-tech plants

Some of the hi-tech plants require the use of slabs with thickness between 30~115cm to minimize the ambient vibration during the chip manufacturing process. Ambient vibration could have great influence on the “chip yield”. In addition, the slabs need to have openings to allow for the circulation of the air. This type of slab is called “waffle slab.”[5] Waffle slabs consist of equally spaced two-way stiffening ribs and numerous primary holes for air circulation or other mechanical needs are one of the bottlenecks for constructing a hi-tech factory. Instead of the cast-in-situ waffle slab construction, an entire full/partial precast waffle slab system was developed by Ruentex Group, including prefabrication method for reinforced cage, precast mold system, construction methods by overhead crane or by a rail vehicle running under the constructing level.

Production of reinforcement cage

The following steps detail the procedure for assembling the reinforcement cages for precast waffle slabs in the factories (Figure 3).

1. Fabrication of reinforcement and hoops
2. Assembly and placement of reinforcement along X-axis
3. Assembly and placement of reinforcement along Y-axis
4. Tying reinforcement cage
5. Assembly completed



(a) Assembly of reinforcement of waffle slabs for one direction



(b) Assembly of reinforcement of waffle slabs for another direction



(c) Assembly completed

Figure 3. Assembling procedure of reinforcement cages for precast waffle slabs

Production of the precast waffle slabs

Steel formworks are advantaged for accuracy control of precast waffle slabs. Relevant dimensions of the formworks and accessories must be checked for compliance with the contract, and followed by positioning and leveling the bottom bed. The allowable tolerance of flatness for the mold bottom is 0.5mm. After finishing the inspection of the formwork, the reinforcement cage is moved and located within the mold (Figure 4). The reinforcement cage is tied up before placing the concrete. Steam curing can be used for accelerating the strength development of concrete. Generally the completed slabs are able to be moved to the storage yard after 8-hour curing.



(a) Location of the reinforcement cage



(b) Steam curing of the waffle slabs



(c) Removal of the waffle slabs



(d) Storage of the waffle slabs

Figure 4. Production of the precast waffle slabs

Semi-precast waffle slabs

1. Installation of overhead cranes and job site facilities.
2. Survey of the column positions to ensure that they are located within the design tolerances.
3. Fabrication of the bottom rebars and the shear reinforcement for girders.
4. Hoist and alignment of the precast waffle slabs.
5. Placement of concrete. For semi-precast slabs, the precast elements are monolithic with the cast-in-place girders and upper slab. For full precast slabs, the slabs are joined with the cast-in-place girders.

Example steps for constructing the half and full precast waffle slabs are as follows (Figure 5).



(a) Fabrication of reinforcement for girders.



(b) Hoist the precast waffle slabs by overhead cranes



(c) Position the semi-precast slabs



(d) Position the full precast slabs

Figure 5. Example steps for constructing the precast waffle slabs

The benefit evaluation of the precast waffle slab is organized and summarized in the below table.

	Fully precast waffle slab	Semi-precast waffle slab	Traditional cast-in-place construction
Construction time (speed)	3 spans / 2 days	1 span / day	0.5 span / day
Security cost	20%	20%	100% (massive debris)
Manpower requirement	17 workers/day	30 workers/day	105 workers/day
Reinforcement consumption	Lowest	Low	High
Unit rate	9(slabs/day)×30(m ² /slab) /17 workers	6(slabs/day) ×30(m ² /slab)/30 workers	3(slabs/day)*30(m ² /slab)/105 workers

4. Conclusions

this paper introduces two innovative technologies with the feature of labor-saving. By commonly applying these technologies to construction works in Taiwan, not only labor shortage can be released, but also the industry structure is changed. The construction industry in Taiwan enters a new generation with automation, labor-saving, and acceleration.

References

1. Ping-Hsiung Wang, “A study on new type of rectangular concrete column confinement”, Master thesis instructed by Professor Cheng-Kuo Chang, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, June 2004.
2. Yan-Liang Yin, “Multi-Spiral stirrups” with Taiwan patent no. M241456
3. Yan-Liang Yin, Cheng-Chiang Wong, Jui-Chen Wang, Ching-Yu Liang and Chun-Ming Huang (April 2006), “Test and development for application of 5-spirals on rectangular SRC columns”, Chinese Society of Structural Engineering (CSSE), Journal of structural engineering.
4. Cheng-Kuo Chang, Jui-Chen Wang and Ping-Hsiung Wang, “A study of test on confining behavior from one-bar hoop and wire mesh hoop”, Research report from Taiwan Construction Research Institute, 2003.
5. Yin, S. Y. L., Lai, S. H., Kuo, C. C., Wang, J. C. (2004). “New generation of construction method for hi-tech plants.” Conference on cross-strait collaboration in civil engineering.

ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРИКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ КРЕКИНГ-ПРОЦЕССЕ

THERMOKINETIC MODELS OF INTERACTION OF FRICTION ELEMENTS IN CRACKING PROCESS

Пашаев А. М., Джанахмедов А. Х., Джавадов М. Я.

Pashayev A. M., Janahmadov A. Kh., Javadov M. Y.

Аннотация: Рассмотрены термокинетические модели металлического элемента трения при его работе в различных средах. Установлено влияние поверхностных и объемных температур, удельных нагрузок, коэффициента взаимного перекрытия пар трения, соотношения между количеством реагентов, присутствия инертных газов и типа реакций на скорость протекания химических реакций при крекинг-процессе в верхнем слое полимерных накладок узлов трения тормозных устройств. Показано, что при оценке равновесия химической реакции необходимо учитывать изменение энергии Гиббса.

Ключевые слова: компоненты фрикционного материала, пара трения, крекинг-процесс, энергия Гиббса, верхний слой накладки, химический потенциал.

Abstract: Thermokinetic models of interaction of metallic element of friction during its operation in different media are considered. Influence of surface and volume temperatures, specific loads, coefficient of mutual overlap of friction pairs, ratio between number of reagents, presence of inert gases and type of reactions on rate of chemical reactions in cracking process in upper layer of polymer linings of friction units of braking devices is established. It has been shown that when evaluating the equilibrium of a chemical reaction, it is necessary to take into account the change in Gibbs energy.

Key words: components of friction material, friction pair, cracking process, Gibbs energy, top layer of lining, chemical potential.

Введение. В трибологии сформулировали три последовательных и взаимосвязанных процесса трения, а именно: фрикционное взаимодействие микровыступов трущихся поверхностей, изменение свойств поверхностных и приповерхностных слоев в результате взаимодействия и разрушение поверхностей вследствие двух предыдущих этапов. Эти этапы трения происходят в механическом, электрическом и электромагнитном полях.

Любое стабильное структурно-фазовое состояние существует короткий период времени, переходя к новому уровню нестабильности вследствие процессов, явлений и эффектов, увеличивающих общую энтропию и, соответственно, уменьшающих свободную энергию материалов. В результате провоцируется следующий переход в новое квазистабильное состояние.

Свободная энергия химических реакций связана с электродвижущей силой. Основным условием протекания реакции в верхнем слое полимерной накладки всегда является положительная разность между потенциалом окислителя и восстановителя [1, 2]. Простое вычисление стандартной разности потенциалов, как в случае других термодинамических параметров, не всегда позволяет с полной уверенностью предсказать возможность химического взаимодействия при электротермомеханическом трении в сопряженных парах.

Используют некоторые упрощенные методики представления стандартных потенциалов окислительно-восстановительных реакций, существенно облегчающие их систематизацию. Наиболее распространенной формой является диаграмма Латимера, описывающая потенциалы превращения между накладками: последовательными степенями окисления.

Как известно, динамическая нагруженность пятен контактов микровыступов пар трения трибосистемы зависит от ее основных эксплуатационных параметров (удельных нагрузок, коэффициентов взаимного перекрытия, поверхностной и объемной температуры) [3, 4, 5, 6], а также от типа химических реакций.

В работе рассмотрены термокинетические модели взаимодействия металлического фрикционного элемента при трении в различных средах и влияние различных факторов на интенсивность крекинг-процесса в рабочих слоях полимерных накладок.

Цель работы — обосновать степень влияния различных факторов на интенсивность крекинг-процесса в паре трения «металл-полимер».

Рассмотрим термокинетические модели взаимодействия металлического фрикционного элемента при трении в различных средах. Известно, что работа, совершаемая электроном, находящимся в адсорбированном слое, зависит от расположения диполя (рис. 1) относительно воображаемой электронейтральной плоскости. Электрон совершает работу по преодолению полного или половины потенциала адсорбированного слоя [1].

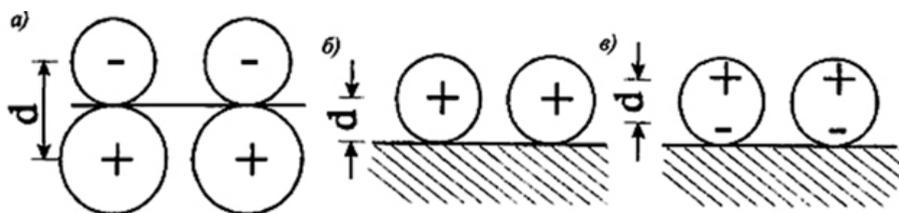


Рис. 1 а, б, в. Диполи, возникающие при адсорбировании на поверхности металла:
а, б – хемосорбция: ковалентная; ионная; в – физическая сорбция;
d – расстояние между центрами зарядов

Надо учитывать и тот факт, что в поверхностном слое фрикционной накладки при выгорании связующих компонентов материала молекулы образовавшегося электролита сильно ориентированы. В результате их эффективный дипольный момент увеличивается по отношению к дипольному моменту поверхности металлического элемента трения. Это является одним

из основных условий инверсии множества микротоков от рабочей поверхности накладок в рабочую поверхность металлического элемента трения. Из этого следует, что трибохимия занимает важное место в трибологии пар трения тормозных устройств (рис.2) [5].



Рис. 2. Место трибохимии в трибологии пар трения тормозных устройств

Оценим адекватность трибокинетической модели взаимодействия металлического фрикционного элемента при трении в газовой фазе.

Трибокинетическая модель предложена для различных процессов, происходящих в слое микронеровностей рабочей поверхности металлического элемента трения под действием упругих или пластических деформаций, например, при торможении в присутствии газовой среды.

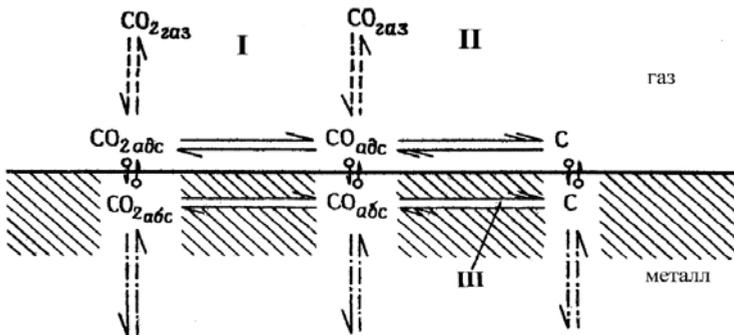


Рис. 3. Трибокинетическая модель трибосорбции и трибореакции в системе «CO₂-металл»; CO_{2 газ} – CO₂ в газовой фазе; CO_{2 адс} – CO₂ в адсорбированном состоянии; CO_{2 абс} – CO₂ в абсорбированной форме, те же индексы для CO

Трибоабсорбция происходит по точкам приложения сил трения. В зависимости от условий контактирования пар трения тормозного устройства и их теплового состояния в процессе торможения происходит трибоабсорбция в трибоплазме из газовой фазы наряду с трибохимической реакцией или с адсорбцией и реакцией газа на рабочей поверхности металлического элемента трения. Трибоадсорбированный газ адсорбируется металлом, и только после этого с ним происходят химические превращения. Наряду с этим трибоабсорбированный газ на микроучастках контактирования переносится в их приповерхностные слои (трибодиффузия), в которых химическая реакция в значительной степени определяется процессами трибосорбции и диффузии [3]. В случае, когда скорость трибосорбции и трибореакции одного порядка, реакция смещается в сторону рабочей поверхности металлического элемента трения. При этом необходимо обратить внимание на трибоиндукционные процессы, которые очень часто существенно отличаются от соответствующих термоиндукционных процессов. Поэтому константы, характеризующие интенсивность абсорбции и диффузии при термоактивации, нельзя использовать для трибокинетических аналитических зависимостей.

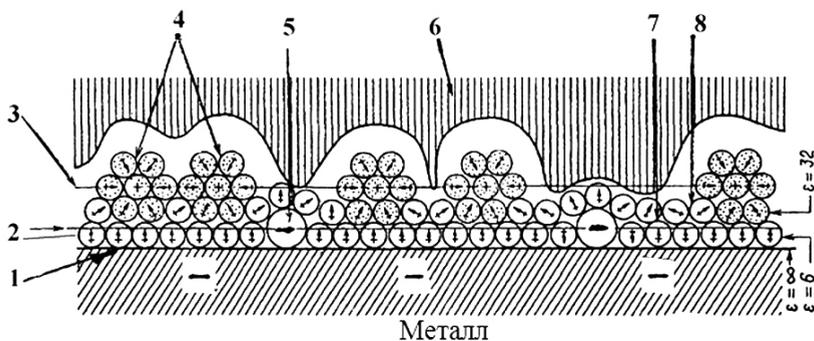


Рис. 4. Детальная модель двойного слоя в паре «металл-вода»:

1 – поверхность металла с потенциалом φ_M ; 2, 3 – плоскости Гельмгольца и Гуи с потенциалами φ_1 и φ_2 ; 4 – сольватированные катионы; 5 – специфически адсорбированные анионы; 6 – нормальная структура воды ($\epsilon = 78,5$) 7, 8 – слои воды: первый ($\epsilon = 6$); второй ($\epsilon = 32$); ϵ – диэлектрическая проницаемость воды

Представление пар трения тормозных устройств в виде конденсатора с наличием дифференциальных емкостей дает возможность объяснить многие эффекты, возникающие возле заряженной поверхности раздела. На поверхности раздела могут присутствовать химически адсорбированные ионы, в данном случае анионы, которые имеют тот же знак, что и рабочая поверхность металлического элемента трения. Данные анионы дегидратированы, через их центры проходит внутренняя плоскость Гельмгольца. Слой Штерна образуется, главным образом, за счет электростатически адсорбированных катионов, через центры которых проходит внешняя плоскость Гельмгольца. При этом большая часть поверхности раздела занята молекулами воды.

На сильно заряженной поверхности раздела концентрация адсорбированных ионов весьма мала, поскольку один ион приходится на площадь порядка $\sim 10 \text{ \AA}^2$. Особенности структуры двойного слоя приведены на рис. 4. Представленная схема составлена для случая, когда металлический элемент трения находится в статике. В динамике все происходит иначе [7–9].

При торможении дискретное множество микроконтактного взаимодействия поверхностей «вращающийся металлический элемент — неподвижная фрикционная накладка» при различных их тепловых состояниях будут вносить существенные изменения в рассмотренную ранее схему. А именно: происходит переполяризация ионов и катионов; изменяется положение плоскостей Гельмгольца (внутренняя плоскость становится внешней и наоборот); существенно изменяются электрические свойства ионов и катионов; поверхность жидкости становится неоднородной, поскольку ее структуру нарушают адсорбционные частицы материала накладки. Кроме того, и другие составляющие вносят изменения в указанные выше процессы и явления.

Проанализируем влияние различных факторов на скорость протекания химических реакций при крекинг-процессе, происходящем в поверхностных слоях полимерных накладок узлов трения тормозных устройств. Из факторов выделим: поверхностную и объемную температуры, удельные нагрузки, коэффициент взаимного перекрытия пар трения, соотношение между количеством реагентов, присутствие инертных газов и тип реакции.

Повышение поверхностной температуры пары трения «металл-полимер» увеличивает выход продуктов эндотермических реакций. Чем интенсивнее изменение энтропии (ΔH) верхнего слоя полимерной накладки, тем скорее растет константа равновесия с ростом температуры и, следовательно, выход продуктов реакции. Реакция при электротермомеханическом трении сопровождается выделением теплоты, температура при этом падает. В связи с этим в соответствии с принципом подвижного равновесия Вант-Гоффа происходит упругопластическая деформация микровыступов металлического фрикционного элемента. Снижение поверхностной температуры пары трения благоприятствует прохождению экзотермической реакции (в частности, диссоциации). При увеличении удельных нагрузок p в паре трения температура T возрастает, состав равновесной системы изменяется, а вместе с ней изменяется и коэффициент K_v ($K_v = \varphi(t, p)$).

В соответствии с уравнением $\Delta G = \Delta T - T \Delta S$ (где ΔG — изменение энергии Гиббса; T — температура; ΔS — изменение энтропии) судить о влиянии температуры можно и по знаку ΔS при $\Delta S > 0$ нагревание благоприятствует процессу, при $\Delta S < 0$ — наоборот. Оба критерия (ΔH и ΔS) приводят к аналогичным результатам, так как речь идет о влиянии T на термодинамическое равновесие трибосистемы, когда $\Delta G = 0$. При $T \neq 0$ справедливо равенство $\Delta H = T \Delta S$. Знак выражения $\Delta S(\Delta H)$ определяет направление смещения равновесия, его абсолютная величина $\Delta S(\Delta H)$ — степень его смещения. Нередко

легче ориентироваться на ΔS , чем на ΔH , так как знак ΔS часто определить проще, чем знак ΔH .

Характер влияния давления на равновесный выход в соответствии с зависимостью, приведенной в [10], определяется знаком разности числа молей газообразных реагентов Δn и зависимостью K_p от давления.

Если абсолютное значение Δn велико, то решающее значение имеет первый фактор; при $\Delta n > 0$ увеличение давления неблагоприятно сказывается на интенсивности выхода продуктов реакции, при $\Delta n < 0$ — благоприятно. При крекинге верхнего слоя полимерной накладке увеличение давления приводит к уменьшению выхода газообразных продуктов, в том числе ненасыщенных углеводородов, соединяющихся с водородом. При $\Delta n = 0$ влияние давления на термодинамическое равновесие определяется только зависимостью K_p от давления, причем установить ее в общем виде не представляется возможным. Однако совершенно очевидно, что влияние давления на K_p существенно только при высоких давлениях, когда различие в сжимаемости разных газов становится более значительным.

При $\Delta n = 0$ изменение давления смещает равновесие. Но это кажущееся противоречие принципу Ле-Шателье, так как влияние давления определяется знаком изменения объема. При низких давлениях знаки ΔV и Δn совпадают, при высоких давлениях $\Delta V \neq 0$ (с этой возможностью приходится считаться и в тех случаях, когда абсолютная величина Δn невелика).

Изменение степени дисперсности и компактности фаз в верхнем слое полимерной накладке оказывает существенное влияние на химическую активность его веществ. Поэтому при расчете равновесия реакций, в которых участвуют мелкокристаллические, аморфные и стеклообразные вещества, необходимо учитывать дополнительное изменение энергии Гиббса $dG_{нов} = \sum d(\sigma_i \omega_i)$ (где σ_i — поверхностное натяжение боковых поверхностей микровыступов пар трения; ω_i — i -я термодинамическая вероятность), и равновесие отвечает условию $dG + dG_{нов} = 0$ (где dG — изменение энергии Гиббса без учета рассматриваемого фактора).

Так как поверхностное натяжение в ходе реакции можно считать постоянным, изменение энергии Гиббса, вызванное варьированием величины всех поверхностей раздела микровыступов, равно:

$$\Delta G_{нов} = \sum \sigma_i \Delta \omega_i = \Delta H_{нов} - T \Delta S_{нов} = RT \ln(K_a / K_a'),$$

где R — универсальная газовая постоянная; K_a, K_a' — константа химического равновесия и ее значения с учетом влияния поверхностной энергии; $\Delta H_{пов}$ и $\Delta S_{пов}$ — изменение энтальпии и энтропии единицы площади поверхности, отнесенной к одному молю данной фазы.

Для получения максимального выхода продуктов реакции с верхнего слоя накладке при электротермомеханическом фрикционном взаимодействии с металлическим элементом трения нужна стехиометрическая

смесь исходных веществ. Для достижения максимальной степени протекания реакции превращения необходим избыток исходных веществ. Поэтому если расход одного из них по эксплуатационным соображениям ограничен, то возрастание исходной концентрации других реагентов увеличивает число молей образующихся продуктов и тем самым степень протекания реакции. При этом следует учитывать легкость удаления из полученной смеси непрореагировавшего избытка реагентов из межконтактного зазора пар трения за счет омывания их потоками циркулирующего воздуха.

Увеличения степени превращения можно также добиться, если удалять из одной зоны продукты реакции, связывая их в малодиссоциируемые, труднорастворимые или нелетучие вещества. Подобный подход достаточно рационален ввиду того, что отпадает необходимость в большом избытке реагента. Так, если при образовании CO_2 без изменения парциального давления паров воды, находящихся между микровыступами межконтактного зазора пар трения, то с уменьшением концентрации этого газа смесь обогатится водородом [5].

Наличие продуктов реакции в исходной смеси приводит к уменьшению степени превращения верхнего слоя полимерной накладки.

Результаты исследований позволили установить и прогнозировать следующее. Образующиеся в электролите электроны сильно ориентированы, и их эффективный дипольный момент велик, что ведет к инверсии множества токов по схеме «полимер-металл». Трибоадсорбированный газ адсорбируется рабочей поверхностью металла, после чего происходят его химические превращения. При скорости трибосорбции и трибореакции одного порядка химическая реакция смещается в сторону рабочей поверхности металлического элемента трения. Изменение степени дисперсности и компактности фаз, возникающих в верхнем слое полимерной накладки, содержащих аморфные и стекловидные вещества, существенно влияет на их химическую активность, при этом необходимо учитывать изменение энергии Гиббса. Изменение энергии Гиббса поверхностного слоя полимерной накладки связано с его температурой и теплосодержанием, которые влияют на направление смещения равновесия химической реакции.

Заключение. Разработана термокинетическая модель взаимодействия пятен контактов микровыступов рабочих поверхностей при трении в различных средах и влияния различных факторов на крекинг-процесс в верхних слоях фрикционных накладок.

Установлено, что увеличение поверхностной температуры способствует росту объема выхода продуктов эндотермических реакций из верхнего слоя полимерной накладки, а также константы равновесия, что сопровождается выделением теплоты. При этом в соответствии с принципом подвижного равновесия Вант-Гоффа происходит упругопластическая деформация ми-

кровыступов рабочей поверхности металлического элемента трения. Снижение поверхностной температуры пар трения способствует интенсификации экзотермической реакции с диссоциацией ионов поверхностного слоя полимерной накладки;

Показано, что увеличение удельных нагрузок в паре трения приводит к уменьшению выхода газообразных продуктов, в том числе ненасыщенных углеводородов, соединяющихся с водородом, из их межконтактного зазора; при этом удельные нагрузки в парах трения напрямую зависят от их коэффициента взаимного перекрытия;

Установлено, что для достижения максимальной степени протекания реакции превращения необходим избыток исходных веществ; при этом если расход одного из них по эксплуатационным соображениям ограничен, то возрастание исходной концентрации других реагентов увеличивает число молей образующихся продуктов и тем самым степень протекания реакции.

References

1. *Yaroslavcev A. B.* Osnovy fizicheskoy himii. M.: Nauchnyj mir, 2000. — 230 s.
2. *Kragelski I. V.* Treniye i iznos. M.: Mashinostroenie. 1968.
3. *Prigozhin I.* Sovremennaya termodinamika. Ot teplovyh dvigatelej do dissipativnyh struktur: Per. s angl. Y. A. Danilova i V. V. Belogo / I. Prigozhin, D. Kandeludi. — M.: Mir, 2002. — 461 s.
4. *Janahmadov A. Kh., Javadov M. Y.* Synergetics and Fractals in Tribology. Switzerland: “Springer”, 2016. 400 p.
5. *Janahmadov A. Kh., Volchenko A. I., Volchenko N. A.* i dr. Tribologiya: treniye, iznos, smazka. — Baku: «Apostrof-A», 2019. — 640 s.
6. *Kindrachuk M. V.* Polymeric Materials Modified by Semiconductor Substances in Friction Units of Braking Devices / *Kindrachuk M. V., Volchenko O. I., Volchenko D. O., Volchenko N. O., Polyakov P. O., Kornienko A. O., Yurchuk A. O.* // Journal of Nano- and Electronic Physics. — Vol. 11. №3, 2019. — P. 03014-1-03014-8.
7. *Kindrachuk M.* Polymeres with enhanced energy capacity modified by semiconductor materials / M. Kindrachuk, A. Volchenko, D. Volchenko, O. Tisov, A. Kornienk. Functional Materials, 2019.
8. *Volchenko N. A.* Electrochemistry with double electrical layers in frictional interaction metal-polymer tribolink / Volchenko, N. A., Krasin, P. S., Volchenko, D. A., Voznyi, A. V. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018.
9. *Janahmadov A. Kh., Volchenko A. I.* Nano-tribological processes at electric discharge of discrete ohmic contacts of metal-polymer pairs / *Janahmadov A. Kh., A. I. Volchenko, E. S. Pirverdiev.* Science&Applied Engineering quarterly. — London, UK, 2016. — №10. — P.16–21.
10. Prikladnaya elektrohimiya. Izd. 2-e, per. i dop. Pod red. N. T. Kudryavceva. — M.: Himiya, 1975. — 552 s.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

Звездов А. И.,

президент ассоциации «Железобетон», первый вице-президент Российской инженерной академии, академик РИА и МИА, заслуженный строитель РФ, лауреат премий Правительства РФ, д-р техн. наук, профессор

Иновáция, нововведéние (англ. innovation) — это внедрённое новшество, обеспечивающее качественный рост эффективности процессов или продукции, востребованное рынком.

К началу XXI века Россия оказалась ниже среднемирового технологического уровня, поэтому конкурентоспособность отечественных товаров и услуг, в том числе в области строительства, значительно упала. Они вытеснялись не только из внешнего, но и из внутреннего рынков.

Эту ситуацию формируют многие причины. Но основная причина состоит в плохой организации инновационной деятельности в целом по стране и в строительной отрасли в частности.

В 90-е годы прошлого столетия была разрушена существовавшая ранее государственная система создания инноваций и внедрения их в реальную экономику. В недавнем прошлом инновационный процесс начинался с фундаментальных и поисковых исследований, обязательно проходил стадию прикладных НИОКР, а завершался освоением разработки на предприятиях отрасли. Но сейчас прежняя система не работает, поскольку перестал функционировать ее механизм административного управления и бюджетного финансирования. А новый механизм, действующий в соответствии с рыночными принципами, пока еще не создан.

К тому же разрыв между наукой и производством в последнее время возрос, поскольку они оказались организационно разобщены. А без интеграции науки и производства не может быть инноваций.

Еще одним серьезным препятствием на пути развития инновационной деятельности является полное отсутствие стимулов для осуществления научно-технической и инновационной деятельности. Хотя известно, что, когда власти хотят поддержать какое-либо направление деятельности, они обычно создают для него систему льгот и преференций. Однако федеральные власти, отстаивая принцип равных возможностей для всех хозяйствующих субъектов, лишили отраслевые научные организации даже тех малых льгот, которые они имели раньше. В том числе льгот по налогу на имущество, по налогу на землю, по тарифам на энергоносители и других. Ученые в этих организациях не имеют тех преференций по оплате труда и оплачиваемым отпускам, которые имеют ученые в академических институтах и в вузах.

Следует также отметить, что в стране созданы экономические условия, невыгодные для модернизации производств. Приобретение исследовательского оборудования и заказ НИОКР по действующему законодательству следует оплачивать в основном из прибыли предприятия.

Кроме того, в стране не созданы условия для финансирования инновационной деятельности, без чего ее развитие невозможно.

Вследствие этих причин ни потенциальные потребители инноваций, ни инвесторы не заинтересованы в научно-технической и инновационной деятельности. Поступления денежных средств в отечественную отраслевую науку нередко не обеспечивают даже ее простое воспроизводство.

Трудное финансово-экономическое положение, в котором пребывает отраслевая наука, приводит к тому, что научные приборы и оборудование изнашиваются и устаревают, а инфраструктура научных учреждений разрушается.

Но главной бедой является возраст руководителей, ученых и специалистов почти всех научных организаций в стране, который подходит к верхнему пределу. Становится уже обычным, что им некому передавать накопленные поколениями знания и опыт.

Немалый урон отраслевой науке за последние десятилетия нанесли дезинтеграция отраслей, неразумная приватизация, набеги рейдеров и другие беды, которые привели к серьезным разрушениям научно-технического потенциала отраслевых научно-исследовательских институтов. Некоторых известных прежде институтов уже нет. Другие числятся, но по роду своей деятельности уже не являются научными организациями. Еще немного и вливание даже больших финансовых ресурсов не поможет возродить в полной мере отраслевую науку в России.

Следует отметить, что в нынешних условиях научно-технические и инновационные предприятия малого бизнеса также находятся в незавидном положении. Они обычно не имеют ни инфраструктуры, ни денежных средств, которые необходимы для доработки и освоения инноваций. Создание и освоение любого достижения науки требует комплексного подхода и участия самых разных специалистов, а персонал малых предприятий по определению отличается малочисленностью. Все это негативно сказывается на качестве предлагаемых инноваций и сроках их освоения. Кроме того, такие предприятия сильно зависят от конъюнктуры рынка, что не позволяет им планировать рискованную инновационную деятельность на перспективу. Зачастую они меняют свой профиль и занимаются лишь производством и реализацией новой мелкосерийной продукции. И наконец, количество малых научно-технических и инновационных предприятий в стране пока еще незначительно.

Кроме того, в России слабо развита инновационная инфраструктура. Она состоит из отдельных, не связанных между собой фрагментов. К тому же существует большой дефицит специалистов в области инновационной деятельности, имеющих профессиональные знания и опыт по коммерциализации достижений науки и техники, а также управленцев, умеющих реализовать инновационные проекты.

Нет однозначного ответа на вопрос, в чем разница между научно-исследовательской, научно-технической и инженерной деятельностью. Смещение этих понятий мешает целевой поддержке развития каждого из названных направлений. Законодатели уже несколько лет решают эту задачу, но пока не решились.

Серьезной проблемой на пути инновационного развития является неумение и нежелание руководителей бизнес структур работать с интеллектуальной собственностью (патенты, промышленные образцы, ноу-хау и т.п.). На российском рынке этот товар не является востребованным и часто оказывается за рубежом. Отечественный интеллектуальный продукт пытаются оценивать по его себестоимости для создателя или по трудозатратам на его создание, что как правило, не соответствует рыночной стоимости новшества. Незнание этой области финансово-экономических отношений серьезно затрудняет продвижение инновационных продуктов в реальное производство. В других странах именно этот бизнес является основным источником развития и благосостояния отраслевых научно-исследовательских организаций.

Кроме того, в стране отсутствует наработанная практика защиты прав на интеллектуальную собственность, что сдерживает научно-технический прогресс в отраслях экономики. Новый продукт или технология воспроизводятся конкурентами с незначительными изменениями и выдаются, как свои. Сегодня этому нет надежных препятствий.

Все это привело к тому, что инновационная составляющая в строительной отрасли недопустимо мала.

Техническое регулирование строительства весьма чувствительно к инновационному состоянию отрасли.

Приоритетными целями технического регулирования строительной отрасли являются:

- снижение опасности строительной продукции для жизни и здоровья людей;
- повышение качества и конкурентной способности строительной продукции;
- снижение отрицательного влияния на окружающую среду;
- устранение неоправданных технических барьеров;
- углубление интеграции российского строительного комплекса в мировую экономику.

Мы уже почти два десятилетия пытаемся определиться с системой отраслевого техрегулирования.

До 1994 года структура нормативных документов в строительстве регламентировалась СНиП 1.01.01-82 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения». К этому времени назрела необходимость привести нормативную базу строительства в соответствие с условиями перехода к рыночной экономике. В мае 1994 года постановлением Госстроя России вводится новый СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов

в строительстве. Основные положения». В этом документе впервые в отечественном нормировании были сформулированы современные принципы, на которых должна строиться новая нормативная база строительства. Эта модель ориентирована не на технические, а на эксплуатационные характеристики объекта регулирования и принята за основу во многих странах. Этот же принцип был положен в основу СНиП 10-01-94, что поменяло метод нормирования в строительстве с предписывающего на параметрический.

За несколько лет на основе СНиП 10-01-94 были разработаны нормы по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, по пожарной безопасности в строительстве, по теплотехнике и некоторые другие. Формирование системы строительного нормирования было остановлено в 2002 году Федеральным законом № 184-ФЗ «О техническом регулировании», запретившим не только разрабатывать новые нормы по прежней системе, но и вносить изменения в действующие документы.

Закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании» устанавливает, что технические требования ко всей продукции, включая объекты строительства, должны назначаться техническими регламентами, утверждаемыми в качестве федеральных законов. В результате этого нормативная база проектирования и строительства фактически перестала существовать, т.к. должна была быть заменена документами, которых еще не существовало.

В течение многих лет строительная общественность настаивала на том, что наша отрасль не может регулироваться, как обычное промышленное производство. В результате в закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании» было внесено более десятка изменений, касающихся строительства, но ситуация в итоге стала еще более запутанной. Чтобы как-то ее оправдать, СНиП объявили устаревшим, а все проблемы строительства стали связывать с этими «устаревшими» нормами.

Большие надежды возлагались на введенный в 2010 году технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» (384-ФЗ). Но ситуация еще более усугубилась. Этот закон ввел в систему строительного нормирования Перечни обязательных и добровольных норм и Специальные технические условия (СТУ). Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» не распространялся на строительные материалы. Для них стали разрабатывать свой технический регламент, который так и не был принят. В результате техническое регулирование в промышленности строительных материалов отделилось от технического регулирования в строительстве. В промышленности стройматериалов по-прежнему действует основной нормативный документ — ГОСТ.

После вступления в силу технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» следовало приступить к созданию новой нормативно-технической базы строительства, отвечающей этому закону. Но, для этого не оказалось ни времени, ни денег. Ситуацию усугубила идея применять в России евронормы (еврокоды). В 2010 году был запущен процесс актуализа-

ции и гармонизации (с евронормами) прежних СНИП, которые в результате превратились в соответствующие Своды Правил (СП).

С тех пор мы постоянно упрекаем друг друга, что наши новые нормативные документы не являются инновационными, а представляют из себя актуализированные редакции предыдущих версий. А как они могут быть инновационными, если отведенное время на их разработку составляет несколько месяцев? Погодовое планирование привело к тому, что в несколько месяцев надо уложиться с научными исследованиями, которые в следующем году должны лечь в основу нормативного документа. При этом надо успеть не только выполнить сами исследования, но и успеть подготовить для них материальную и приборную базу, что в условиях тендерных процедур невозможно сделать даже теоретически. Отсюда и попытки выдать за новое хорошо забытое старое и периодические проблемы с нормами, которые сложно или слишком затратно применять на практике. Ведь не было времени проверить, как тот или иной нормативный параметр будет работать в реальной жизни.

В спешке актуализированные СНИП (СП) имеют серьезные пробелы в части технического регулирования строительства новых видов зданий и сооружений (высотные здания, подземное строительство, строительство в районах вечной мерзлоты и повышенной сейсмичности и т.п.). Восполнять эти пробелы призваны локальные нормы — СТУ, разрабатываемые на один конкретный объект.

Дополнительную путаницу внесли списки «обязательных» и «добровольных» норм. Впервые такие списки были утверждены в статусе официальных документов летом 2010 года. Естественно, что в эти списки вошли стандарты, которые на этот момент являлись действующими. Позднее были актуализированы и гармонизированы более сотни стандартов, которые оказались не легитимными, поскольку в списках значились их прежние версии. Все, что в эти списки не вошло, в соответствии с ФЗ-384 нормативными документами не являлось. В результате все, что делалось по обновлению норм с июня 2010 г. по декабрь 2014 г. было не работающим. В декабре 2014 года появились новые списки, которые во второй раз провели некую границу в процессе создания норм для строительства, и процесс нормотворчества стартовал снова. Опять формируются списки стандартов, которые следует откорректировать, переработать или разработать заново.

Практически выпали из системы технического регулирования вопросы производства работ в строительстве. Несколько лет стандарты по этому направлению разрабатывали и вводили в действие в Национальном объединении строителей (НОСТРОЙ). Эти документы были в виде СТО и в соответствии с законодательными актами являлись обязательными для всех членов НОСТРОЯ, т.е. практически для всех строителей. По ряду причин позднее эта система развалилась.

Кроме прочего, в формирование отечественной нормативно-технической базы вмешались процессы, связанные с техническим регулированием

в рамках Евразийского экономического союза. Стало необходимым, чтобы российские нормы соответствовали принципам технического регулирования в этом союзе.

Не решен вопрос обеспечения взаимосвязи и координации положений Федерального закона N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и других смежных законодательных и нормативных правовых актов в области пожарной и промышленной безопасности, санитарно-эпидемиологических требований и др. Внедряются в практику новые технологии строительного проектирования, в частности, информационное моделирование (BIM). Возникли новые обстоятельства, связанные с международным сотрудничеством и интеграцией. Это тоже плохо учтено в актуализированных нормах.

Очевидные признаки бесперспективности дальнейшего развития нормотворчества в том же направлении уже есть. В ноябре 2017 года Ассоциация «Железобетон» подала в национальный орган по стандартизации (Росстандарт) апелляционную жалобу на введение в действие ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-2013 в связи с невозможностью его практической реализации на территории РФ и существенными противоречиями с действующими в России межгосударственными и национальными стандартами, а также сводами правил на бетоны. В итоге 5-месячного рассмотрения данной апелляции Комиссия по апелляциям приняла 30 марта 2018 года решение приостановить действие ГОСТ Р 57345-2016/EN206-2013. Возражавший против такого решения представитель минстроя заявил, что аналогичных документов введено в действие уже 96 и что с ними теперь делать становится неясным. Последнее событие этого ряда произошло в январе 2021 года, когда Минстрой был вынужден отменить уже полгода действующее Изменение №1 к СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах».

В условиях неурегулированности вопросов системной актуализации нормативно-правовой базы естественные монополии (Росатом, Газпром, Транснефть и др.) начали самостоятельно формировать собственную нормативную базу. Есть большое количество ведомственных нормативных документов, которые регулируют как вопросы создания капитальных объектов, так и порядок их последующей эксплуатации.

По вышеизложенным причинам нельзя считать сегодняшнюю актуализированную нормативно-техническую базу строительства полноценной и пригодной для долгосрочного использования. Нужна новая нормативная база для строительства, обладающая достаточной гибкостью, что позволит быстро учитывать в стандартах научно-технические достижения и другие инновационные изменения.

Подготовка нормативно-технических документов современного уровня требует серьезного объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Начать надо с разработки Перечней нормативных документов первой части (организация и управление), второй части

(нормы проектирования) и третьей части (правила производства и приемки работ). Затем можно приступить к работе над самими стандартами нового поколения.

Определенное время необходимо для апробации новшеств в реальном строительстве, что является обязательным условием для их включения в нормы. Для этого целесообразно возродить практику экспериментального строительства.

Понятно, что без участия государства решить эти задачи не реально. Прежде всего, нужны законодательные действия. Представляется целесообразным заменить технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» (ФЗ-384) техническим регламентом «О Системе нормативных документов в строительстве». Это устранил существующие ограничения и нестыковки и даст возможность:

1. В целях стимулирования применения инновационных материалов, изделий и технологий

- устанавливать в нормах рекомендуемые способы решения задач обеспечения безопасности, в том числе давать рекомендации по применению конкретных видов материалов;
- применять любые другие материалы при наличии соответствующих доказательств их свойств;
- осуществлять процедуры подтверждения пригодности новых материалов, изделий и технологий по единым правилам;
- применять схемы декларирования с использованием собственных доказательств соответствия.

2. В целях сокращения административных барьеров

- устанавливать в нормах обязательные требования к эксплуатационным характеристикам зданий и сооружений только в форме задач по обеспечению безопасности без назначения способов решения этих задач;
- не делать обязательным применение конкретных видов материалов, изделий и технологий;
- не применять процедуру подтверждения пригодности к новым материалам, изделиям и технологиям, использование которых не влияет на безопасность в строительстве;
- осуществлять обязательное подтверждение соответствия строительных материалов, изделий и технологий только в форме декларирования.

Реализация этих принципов в нормах нового поколения обеспечит:

1. Необходимую свободу проектным и строительным организациям в выборе способов решения их задач;

2. Преодоление барьеров в применении новых материалов, изделий и технологий в строительстве;

3. Преодоление неоправданного недоверия к новым неизвестным материалам, изделиям и технологиям со стороны заказчиков, строителей, проектировщиков, органов экспертизы и надзора;

4. Принятие безопасных решений при применении новых материалов, изделий и технологий.

5. Возможность учитывать инновационные процессы и оперативно реагировать на вновь возникающие обстоятельства.

6. Учет и использование мирового опыта и знаний.

Серьезным этапом освоения профессиональным сообществом новой нормативной базы будет подготовка и переподготовка кадров. Для этого потребуются фундаментальные мероприятия в области образования, в частности, будут нужны новые учебно-методические материалы и преподаватели, владеющие ими.

Можно констатировать, что пришло понимание того, что за граница нам не поможет и исключительную роль в формировании отечественной нормативно-технической базы играют национальные стандарты и единая концепция развития национальной стандартизации. Особенно это касается нормативных документов технологического проектирования, которые являются существенными для формирования заданий на выполнение проектов гражданского, промышленного назначения и других (строительство объектов нефтегазовой отрасли, транспортных инфраструктурных объектов и др.), включая особые условия ввода и эксплуатации этих объектов.

Формируя новую систему нормативных документов в строительстве важно учитывать, что область строительных материалов нынешней системой техрегулирования фактически не затрагивается. На часть строительных материалов и изделий есть ГОСТы добровольного применения, а остальное выпускается по Техническим условиям (ТУ) производителей. Как мы помним, с национальным Техническим регламентом «О безопасности строительных материалов и изделий» второе десятилетие ничего не получается. Ни один год обсуждается вопрос стандартизации строительной продукции на межгосударственном уровне. Пришли к мнению, что стандартизировать надо только то, что может пересекать границу. Здания и сооружения границ не пересекают, но строительные материалы и изделия нуждаются в техрегулировании на межгосударственном уровне. После долгих обсуждений было принято решение о разработке совместного Технического регламента «О безопасности строительной продукции». Однако и этот нормативный документ не могут согласовать уже несколько лет.

Отдельным пунктом стоит вопрос добровольной и обязательной сертификации строительных материалов и изделий и строительных объектов в целом.

При этом должна быть гарантирована на договорной основе конкурентная среда через стандарты НОПРИЗ и НОСТРОЙ, описывающие технологические процессы производства и требования квалификации для обеспечения безопасности и достижения требуемого уровня качества проектной и строительной продукции, а также для сооружения и последующей эксплуатации капитальных объектов.

Декларация о соответствии стандарту может являться определяющим фактором при условии выполнения всех требований соответствия установленным измеряемым показателям и быть эффективной альтернативой добровольной сертификации.

Востребованность ввода в действие системы технического регулирования на основе обязательных требований к строительным материалам и продукции с их обязательной сертификацией (декларированием) продиктована необходимостью защитить отечественного производителя и потребителей конечной продукции от недобросовестных поставщиков товаров и услуг низкого качества и сомнительного происхождения.

При этом, стандартизацию и техническое регулирование в стройиндустрии предлагается рассматривать с учетом базовых положений Федерального закона от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» в рамках общей концепции развития стандартизации до 2030 года, как национальной, так и межгосударственной.

Процессы унификации и стандартизации в строительстве с учетом отраслевой специфики, с представлением их в виде строительных норм и строительных правил могут служить основой технологической безопасности и заменить существующую систему «добровольности» и «обязательности».

Очевидно, что, игнорируя необходимость инновационного развития строительства, мы будем продолжать бороться с постоянными и нарастающими проблемами технического характера в строительной отрасли.

**РОЛЬ И МЕСТО ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
В ЭНЕРГОСНАБЖЕНИИ МИРА И РОССИИ**

**THE ROLE AND PLACE OF RENEWABLE ENERGY
IN THE ENERGY SUPPLY OF THE WORLD AND RUSSIA**

Безруких П. П.,

*д.т.н., проф., кафедры ГВИЭ ФБГОУ ВО «НИУ «МЭИ», академик РИА,
председатель комитета ВИЭ, Россия, Москва
(e-mail: bezruky80veter@yandex.ru)*

Bezrukikh P. P.,

*Doctor of science, prof., Moscow Power Engineering Institute,
academic REA, Head of the Committee RES,
Russia, Moscow*

Аннотация. Рассмотрены балансы производства электроэнергии и потребления первичной энергии в Мирове, Европе и пяти ведущих стран мира, показаны роль и место различных видов топлива и энергии балансах, обозначены основные тенденции развития ветровой и солнечной энергетики в мире и перспективы увеличения доли ВИЭ в энергобалансах.

Abstract. Reviews the balances of electricity production and primary energy consumption in the World, Europe and the five leading countries of the world, shows the role and place of various fuels and energy balances, identifies the main trends in the development of wind and solar energy in the world and the prospects for increasing the share of renewable energy in the energy balance.

Ключевые слова: Баланс, мощность, баланс энергии, станции ветровые, фотоэлектрические, геотермальные, на базе биомассы, темпы роста, себестоимость электроэнергии, удельная стоимость.

Keywords: Power, balance, energy balance, wind, photovoltaic, geothermal, biomass-based stations, growth rates, cost of electricity, unit cost.

1. Введение

Как известно, в мировой статистике существует два вида основных балансов: баланс производства электрической энергии и баланс потребления первичной энергии. Первый вид баланса достаточно точно отражает действительность, поскольку в нём суммируется электрическая энергия (кВт·ч), вырабатываемая электростанциями различного вида. Для составления баланса потребления первичной энергии выбирается условное топливо, так называемый угольный или нефтяной эквивалент. И все виды

потреблённого топлива, тепловая и электрическая энергия, вырабатываемая не топливными электростанциями (ГЭС, АЭС, ВИЭ), пересчитываются в так называемую первичную энергию. В этом балансе точность получаемых данных зависит от многих субъективных факторов. Но в целом доля отдельных видов топлива и энергии в энергобалансе определяется правильно. Рассмотрение указанных выше балансов совместно позволяет оценить настоящую и перспективную роль каждого вида топлива и не топливных электростанций. Лет двадцать пять тому назад в эти балансы вошли ВИЭ, сначала в рубрике «прочие», затем в самостоятельном виде. К настоящему времени ВИЭ превратились в весомую строку балансов энергии в мире и большинстве стран мира. Иногда в технической литературе ВИЭ называют «новыми», имея в виду, что гидростанции, изначально входящие во все энергобалансы тоже используют возобновляемую гидравлическую энергию

2. Роль видов топлива и энергии в энергобалансах стран.

Роль различных видов топлива и типов электростанций для производства электроэнергии в Мире, Европе и пяти ведущих стран мира, производство электроэнергии в которых составляет 72,8% от мирового, показана в таблице 1.[1] Как видим, уголь занимает доминирующее положение в производстве электроэнергии в Мире (38%), Китае (66,55), Индии (75,35); второе место после газа в США (27,9%), второе место после АЭС в Европе (21,2%), второе место после газа в Японии (33,02) и четвертое место в России (16%). Между тем производство электроэнергии на угольных электростанциях самое дорогое и сопровождается существенным вредным воздействием на окружающую среду. Поэтому процесс перехода производства электроэнергии на возобновляемые источники энергии начался с вытеснения из баланса производства угольных электростанций. И так, доля возобновляемой энергетики составила: в Мире — 9,3 %, Китае — 8,93%, США — 10,3%, Европе — 18,7%, Индии — 7,78%, России — 0,2%, Японии — 10,66%.

Таким образом определились две роли возобновляемой энергетики: улучшение экологической безопасности в мире и вытеснение из баланса производства электроэнергии угля, нефти и газа и сохранение их для будущих поколений, имея в виду их не энергетическое использование. Для России, учитывая долю угля в балансе производства электроэнергии, переход на ВИЭ не представляет непосредственной угрозы. Однако непосредственная угроза содержится в другом. Развитие возобновляемой энергетики в Европе (доля в балансе 18,7% в 2019 году и в 2020 году превысит 20%) снижает потребность стран Европы в нефти и газе, от экспорта в которые существенно зависит экономика России. Отметим ещё один интересный факт о том, что доля ВИЭ в производстве электроэнергии в мире (9,3%) в плотную приблизилась к доле АЭС (10,2%). И есть все основания предполагать, к 2020 году эти доли сравниваются.

Таблица 1

Баланс производства электрической энергии мира в 2018 году

	МИР		Китай		США		Европа		Индия		Россия		Япония	
	ТВгт*ч	%	ТВгт*ч	%	ТВгт*ч	%	ТВгт*ч	%	ТВгт*ч	%	ТВгт*ч	%	ТВгт*ч	%
Всего	26614,8	100	7111,8	100	4460,8	100	4077,3	100	1581,1	100	1110,9	100	1051,6	100
Нефть	802,8	3,0	10,7	0,15	26,4	0,6	56,0	1,4	10,1	0,65	11,4	1,0	60	5,71
Природный газ	6182,8	23,2	223,6	3,15	1578,5	35,4	731,3	17,9	74,3	4,76	521,5	47,0	386,9	36,79
Уголь	10100,5	38	4732,7	66,56	1245,8	27,9	862,7	21,2	1176,3	75,35	177,5	16,0	347,2	33,02
АЭС	2701,4	10,2	294,4	4,1	849,6	19,0	937,5	23,0	39,1	2,5	204,5	18,4	49,1	4,67
ГЭС	4193,1	15,7	1202,4	16,91	288,7	6,5	621,1	15,7	139,7	8,95	190,2	17,1	81,0	7,7
ВИЭ	2480,4	9,3	634,2	8,93	458,5	10,3	761,1	18,7	121,5	7,78	1,3	0,1	112,1	10,66
Прочие	153,8	0,6	14,0	0,2	13,3	0,3	86,6	2,1	0,2	0,01	4,4	0,4	15,3	1,45
Доля в мире, %	100		26,72		16,76		15,32		5,88		4,17		3,95	

Источник: BP Statistical Review of World Energy 2019 p. 56.

Таблица 2

Баланс потребления первичной энергии в 2018 году

	МИР		КНР		США		Европа		Индия		Россия		Япония	
	Млн. т.н.э.	%	Млн. т.н.э.	%	Млн. т.н.э.	%	Млн. т.н.э.	%	Млн. т.н.э.	%	Млн. т.н.э.	%	Млн. т.н.э.	%
Всего	13864,9	100	3273,5	100	23006	100	2050,7	100	809,2	100	720,7	100	454,1	100
Нефть	4662,1	33,6	641,2	19,59	919,7	40,0	742,0	36,2	239,1	29,55	152,3	21,13	182,4	40,17
Природный газ	3309,4	23,9	243,3	7,43	702,6	30,5	472,0	23,0	49,9	6,17	390,8	54,22	99,5	21,9
Уголь	3772,1	27,2	1906,7	58,25	317,0	13,8	307,1	15,0	452,2	55,88	88,0	12,21	117,5	25,87
АЭС	611,3	4,4	66,6	2,03	192,2	8,4	212,1	10,3	8,8	1,09	46,3	6,4	11,1	2,44
ГЭС	948,8	6,8	272,1	8,31	65,3	2,8	145,3	7,1	31,6	3,9	43,0	6,0	18,3	4,03
ВИЭ	561,3	4,1	143,5	4,39	103,8	4,5	172,2	8,4	27,5	3,4	0,31	0,04	25,4	5,59
Прочие	-													
Доля в мире, %	100		23,6		16,6		14,8		5,8		5,2		3,3	

Источник: BP Statistical Review of energy, представленный в World Energy 2019 p.9

Рассмотрим баланс потребления первичной табл.2.[1] Доминирующее положение в нём занимает нефть: первое место в Мире (36,6%), в США (40%), в Европе (36,2%), в Японии (40,17%), второе место в Китае (19,59%), в Индии (29,55%). В России (21,13%). Уголь, как и в балансе производства электроэнергии, занимает первое место в потреблении первичной энергии в Китае (58,25%) и Индии (55,88%). В этом балансе нефть выступает в своей истинной роли, являясь основным источником энергоснабжения в широком диапазоне потребностей и одновременно источником локальных и мировых конфликтов. Как и первом балансе в мире доли АЭС (4,4%) и ВИЭ (4,1%) близки с той же перспективой опережения возобновляемой энергетики в ближайшем будущем. Есть основания предполагать, что в 2020 году эти доли сравнялись.

3. Перспективы развития возобновляемой энергетики

Уже мало кто сомневается в мире, что доля возобновляемой энергетики в производстве электрической энергии будет неуклонно возрастать. Разногласия остаются лишь в определении срока достижения доминирования ВИЭ над всеми остальными видами топлива и энергии. При этом автор полагает, что это наступит в 2060-ом году. Для такого утверждения есть существенные основания.

Одним из существенных аргументов в пользу перехода на на 100% ВИЭ в электроэнергетике является установление странами и штатами стран государственных целей по развитию использования ВИЭ. Эти цели устанавливаются по широкому кругу показателей: по доле ВИЭ в производстве электроэнергии к определённому году (176 стран); по политическим и экономическим предпочтениям производства электроэнергии на базе ВИЭ (113 стран); 100% ВИЭ в производства электроэнергии к определённому году (61 страна) и т.д [2]. Заметим, кстати, что в эти цифры входят и все гидроэлектростанции, поскольку на них используется возобновляемая энергия. Пока же ожидаемая доля ВИЭ в Мире в 2020 году составляет 12,5 %, а вместе с ГЭС — 28,5%.

Практическим подтверждением реальности перехода в электроэнергетике на 100% ВИЭ являются беспрецедентные темпы роста установленной мощности ветровых (ВЭС) и фотоэлектрических (ФЭС) станций. За период с 2004 по 2019 год мощность электростанций на базе ВИЭ (без ГЭС) увеличилась с 85 ГВт до 1437 ГВт, т.е. в 16,9 раза [3]. А вместе с ГЭС с 800 ГВт до 2588 ГВт, т.е. в 3,2 раза. При этом мощность ВЭС увеличилась с 48 ГВт до 651 ГВт, т.е. в 13,5 раз. Мощность ФЭС увеличилась с 2,6 ГВт до 627 ГВт, т.е. 241 раз. Но, конечно, наиболее представительные данные мы получим, если сравним данные за 2019 год с предыдущим 2018 год. Так ввод мощности в 2019 году по ВЭС составил 61 ГВт, т.е. 10,3%, а на ФЭС — 115 ГВт, т.е. 22,5%. К предыдущему году.

Наиболее радикально на поставленный выше вопрос о переходе к энергосистеме на базе 100% ВИЭ отвечают учёные в работе [4], опубликованной в 2017 году. По их мнению: «глобальный переход к 100% возобновляемой

энергетике возможен на каждый час в течение года с эффективностью большей, чем у существующей энергосистемы, базирующей на истощаемом топливе и атомной энергии. Энергетический переход больше не вопрос технической возможности или экономической целесообразности, а политической воли.» По мнению авторов ускоряющееся падение стоимости фотоэлектрических станций и аккумуляторных батарей ускоряют переход к 2050 году к энергосистеме, в которой доля фотоэлектрических станций достигнет 69%, ветростанций — 18%, гидростанций — 8%, биоэнергетически станций — 2%, геотермальных станций 1% и станций существующих видов — 2%.

4. Показатели ветроэнергетики в мире

В список первых десяти стран по установленной мощности в 2019 году вошли страны [3]: Китай (210 ГВт), США (105,6 ГВт), Германия (61,4 ГВт), Индия (37,5 ГВт), Испания (25,8 ГВт), Великобритания (23,5 ГВт), Франция (16,6 ГВт), Бразилия (15,5 ГВт), Канада (13,4 ГВт), Италия (10,5 ГВт). Поразительные темпы продемонстрировала Бразилия: в 2018 году она не входила в первую десятку, а в 2019 году вытеснила из десятки Швецию (9 ГВт). В 2019 году установленная мощность ВЭС в 30-ти странах превысила 1 ГВт. Возрастает единичная номинальная мощность ветроустановок. Самая мощная ВЭУ фирмы Vestas с номинальной мощностью 8 МВт в работе достигла 9 МВт. Имеются сообщения о разработке ВЭУ мощностью 12 МВт. А еще 5 лет десятку 10 МВт считалось пределом мощности ВЭУ. Стремительно растёт мощность наземных ветростанций. Перечень ВЭС мощностью 500 МВт и более содержит 22 ВЭС. Самая мощная ВЭС 6800 МВт находится в Китае. Темпами существенно выше средних по ветроэнергетике развиваются морские ВЭС. Таких ВЭС мощностью 200 МВт и более насчитывается более 25. Самая мощная морская ВЭС (1312 МВт) сооружена в Великобритании.

Нормированная себестоимость электроэнергии от ВЭС в США, Китае, Северной Америке и Азии находится в пределах от 0,055 до 0,06\$/кВтч, т. е. меньше себестоимости электроэнергии от тепловых электростанций. Срок энергетической окупаемости ВЭС составляет порядка 0,5–0,9 года. *Средневзвешенный* коэффициент использования установленной мощности на ВЭС равен 0,3, а в ряде стран равен 0,4.

5. Показатели фотоэнергетики

По установленной мощности ФЭС в 2019 году в первую десятку входят страны [2]: Китай (204 ГВт), США (76 ГВт), Япония (63 ГВт), Германия (49 ГВт), Индия (42,8 ГВт), Италия (20,8 ГВт), Австралия (14,7 ГВт), Великобритания (13,4 ГВт), Корея (11,2 ГВт), Испания (9,9 ГВт). В этот перечень «ворвалась» Корея, не входившая в 2018 году в «десятку» и вытеснила Францию (9 ГВт).

Растёт мощность ФЭС. В 2019 году перечень ФЭС мощностью 200 МВт и выше содержал 55 электростанций в 15 странах мира. Срок энергетической

окупаемости ФЭС составляет от 0,7 до 2 лет в зависимости от типа модулей и места установки. Наименьшие значения нормированной себестоимости наблюдаются в странах: Южной Америки (0,08 \$/кВтч), Индии (0,09\$/кВтч), Китае (0,1 \$/кВтч), т.е. примерно совпадает с себестоимостью электроэнергии от угольных станций в этих странах. Средневзвешенное значение коэффициента использования установленной мощности составляет порядка 0,2 в большинстве стран, что является реальным и удовлетворительным значением. В период 2018–2020 годов продолжается снижение удельной стоимости солнечных модулей до 0,05 \$/кВт, так что в ближайшей перспективе себестоимость электроэнергии от вновь построенных ФЭС будет ниже себестоимости от угольных электростанций

6. Состояние ВИЭ России

В период с 2015 по 2019 годы достигнут определённый по нашим меркам прогресс по вводу мощности. Так в Единой Энергетической Системе России (ЕЭС России) установленная мощность ВЭС увеличилась с 10,9МВт до 184,12МВт, мощность ФЭС — с 50 МВт до 1362,72 МВт а. Создана отечественная производственная база по фотоэнергетике и создаётся по ветроэнергетике. В 2019 году на ВЭС произведено 320 млн кВтч, а на ФЭС — 1284,9 млн кВтч.(0,15% от общего производства). При этом $K_{\text{иум}} = 18,3\%$ для ВЭС и 14,6% для ФЭС. Реально доля ВИЭ в производстве электроэнергии в России существенно больше, поскольку нет надёжной статистики производства электроэнергии на автономных фотоэлектрических и ветровых установках и станциях. А также не учитывается производство электроэнергии на электростанциях, принадлежащих целлюлозно — бумажным и деревообрабатывающим комбинатам, использующим отходы древесины и деревообработки. Как известно, Постановлением Правительства РФ для России установлен показатель достижение доли ВИЭ — 4,5 % от общего производства электроэнергии в стране. При годовом производстве электроэнергии порядка 1100 млрд кВтч это означает, что на базе ВИЭ должно производиться 50 млрд кВтч. Распределив этот объём между ВЭС, ФЭС и ГеоЭС плюс БиоЭС в пропорции 25–15 — 10 млрд кВтч получаем соответствующий необходимый объём ввода мощности на: ВЭС — 9500МВт, ФЭС — 10700 МВт, ГеоЭС плюс БиоЭС — 1300 МВт. Остаётся определить в каком году эти показатели можно достичь.

Выводы

1. Роль возобновляемой энергетики при её доминировании в перспективе является решающей по трём направлениям: а) существенно снижается зависимость стран от импорта энергетических ресурсов; б) снижается до минимума отрицательное воздействие электроэнергетики на окружающую среду; в) снижается мотивация агрессивных захватов месторождений энергетических ресурсов странами с сильной экономикой.

2. Для стран с экономикой существенно зависимой от экспорта энергоресурсов, в том числе России, переход на возобновляемые источники энергии стран импортёров энергоресурсов несёт реальную угрозу снижения объёма экспорта и его стоимости;

3. В 2019 году доля возобновляемой энергетики в производстве электроэнергии в мире превысила 11%, ожидается дальнейшее и ускоренное развитие возобновляемой энергетики на базе солнечных фотоэлектрических и ветровых станций..

Список литературы

1. BP. Statistical Review of World Energy, 2019, 64p.
2. REN21 Renewables 2020, Global Status Report. 103p
3. REN21 Renewables 2005 ÷ 2020. Global Status Report
4. Global energy system based on 100% renewable energy-Power sector. LUT — Lappeenranta University of Technology (Finland), EWG — Energywatchgroup (Germany), November, 2017, 156 p...
5. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2019 г. Системный оператор Единой энергетической Системы, 40 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ И ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ РОССИИ В XXI ВЕКЕ

Григорьев Б. А., Скоробогатов В. А.,

Российская инженерная академия,

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Ключевые слова: энергетика, газ, нефть, уголь, горючие ископаемые, минерально-сырьевая база, добыча, потребление.

Тезисы. В работе кратко проанализирована историография и современное состояние энергетического комплекса (ЭК) России и мира в целом, добыча и потребление первичных минеральных энергоносителей, энергоресурсов в последние годы. Приведена нефтегазовая геостатистика России, запасы и ресурсы углеводородов (УВ), в т.ч. по важнейшим добывающим и перспективным регионам — Западно- и Восточно-Сибирскому. Сделаны выводы о вероятном развитии минерально-сырьевой базы (МСБ) и добычи свободного газа и нефти до 2040 г. и далее, а также основные положения энергетической геостратегии России, основу которой, по крайней мере, в первой половине XXI века, будут определять горючие ископаемые — минеральные энергоносители — УВ и уголь, их запасы, ресурсы и добыча

Энергетическими доминантами развития человечества в разные исторические эпохи были дрова («вечный», в т.ч. и современный, в малых масштабах, энергоноситель), уголь, нефть, газ — это традиционные энергоносители. Отметим, что в России еще в середине 20-х гг. прошлого столетия до 70% энергопотребностей удовлетворялось за счет дров и торфа — самых «простых», приповерхностных источников энергии. С середины XX в. к ним добавились такие виды, как атомная энергия и возобновляемые источники энергии (ВИЭ), включая гидроэнергию, силу ветра, солнечную, термальную энергию, приливную (экзотическая форма получения энергии), а также «зеленая энергетика» (биотопливо и др.). В последние годы масштабно рекламируется водородная энергетика с очень дорогой технологией производства водорода (H_2), который, безусловно, является «вселенским горючим» (в звёздах). Однако для России в обозримом будущем он вряд ли будет иметь реальное практическое значение...

Минеральные энергоносители (МЭН) — горючие ископаемые (ГИ): уголь, нефть и газ (твердое, жидкое, газообразное состояние) служат основой энергообеспечения развития человеческой цивилизации уже более 200 лет (начиная с угля на рубеже XVIII / XIX веков).

Свободный газ (СГ), стал рассматриваться в качестве самостоятельного вида ГИ в США после 1920 г., в других странах в 1930—1940-х гг. прошлого столетия.

Во второй половине XX века со все возрастающей активностью стала развиваться мировая газовая промышленность, однако только в 1981—1990 гг.

пришло осознание того, что газ во всех смыслах лучше, технологичнее, экономичнее при добыче и экологичнее других видов МЭН.

Вполне логично история развития мирового энергетического комплекса (ЭК) может быть разделена на пятидесятилетние периоды (а меньше дробить «не стоит»):

1801–1850 гг. — начало и быстрое увеличение объемов угледобычи;

1851–1900 гг. — уголь, появление нефти;

1901–1950 гг. — уголь, нефть, появление газа;

1951–2000 гг. — вытеснение угля углеводородами, снижение его роли в большинстве стран, в т.ч. и в России. Во многих странах произошло исчерпание запасов и неоткрытых ресурсов нефти (обычной, традиционной). В ряде стран добыча газа превысила добычу нефти. Наблюдался резкий рост использования газа во всех сферах.

Во всем мире в 2000 г. (рубеж между столетиями) общемировая добыча МЭН составила:

— жидких УВ (нефти + конденсата) — 3,2 млрд т (доля газового конденсата меньше 10%);

— природного газа — 2,4 трлн м³ (СГ более 85%);

— угля — около 6 млрд т. (разных сортов — от бурого до антрацита)

Текущее двадцатилетие 2001–2020 гг. — характеризуется диверсификацией источников получения энергии. Началось освоение и промышленное использование нетрадиционных ресурсов газа и нефти (НТРГ/Н) — в США, Китае, Австралии и др. странах, прежде всего, сланцевых УВ и угольного газа, появились возобновляемые энергоносители (ВИЭ). Наблюдается дальнейшее усиление роли газа. В то же время в последние годы доля угля в мировой энергетике стабилизировалась на уровне 28% (в нефтяном эквиваленте — н.э.).

В 2019 г. в мире было добыто 4,4 млрд т жидких УВ и 4,1 трлн м³ газа, в 2020 произошло снижение производства МЭН в большинстве стран мира. Несмотря на всевозможное сдерживание добычи УВ (во имя справедливых цен), она увеличивается (2020 г. — не показатель...).

«Нефтяные войны» второй половины XX века, часто сопряженные с «горячими конфликтами» (Ближний Восток, Иран), сменились «газовыми войнами» уже в начале наступившего XXI века, хотя отголоски нефтяной эпохи ощущаются и по сей день (Ливия, Ирак, Иран, Венесуэла и др. в 2018–2020 гг.).

Минерально-энергетическое сырье — это горючие ископаемые (ГИ), которые в недрах осадочных бассейнов находятся в 3-х физических состояниях: твердом — уголь и горючие сланцы, жидком — нефть и газообразном — свободный газ, последний бывает также и в твердом состоянии — (газогидратном). К другим источникам получения энергии относятся гидро- и атомная энергетика, а также ВИЭ. Каждый из вышеуказанных видов имеет свои до-

стоинства и недостатки. Например, уголь: при громадных природных ресурсах во многих странах до глубины 1800 м его шахтная добыча опасна и затруднительна, а использование в больших масштабах не всегда рационально. Гидроэнергетика хороша для горных стран — Норвегии, Таджикистана и др. и плоха для равнинных, особенно густонаселенных стран (Западная Европа, США и др.). Атомная энергетика просто опасна для человечества, всегда сохраняется хотя бы малая вероятность непредсказуемой случайности. Использование ВИЭ рационально для малых густонаселенных стран с благоприятными поверхностно-климатическими условиями (сильные постоянные ветры — регион Северного моря, обилие солнца — Ближний Восток и др.). Но имеются и свои суровые ограничения (очень большие капитальные затраты на создание энергоустановок). Пожалуй, только природный углеводородный газ лишен большинства отмеченных выше недостатков. То же относится и к газообразному водороду, однако этот газ по технологии — вторичен, в природе в свободном состоянии он встречается крайне редко и в малых объемах. Однако необходимо учитывать, что ГИ (МЭН) — это и энергия, и топливо, и ценное химическое сырье, а ВИЭ — чистая энергия: вещество, как таковое, отсутствует в конечном продукте.

Именно в последние два десятилетия сложилось общее мнение, что УВ-газ — наилучший вид МЭН, в силу ряда причин. Страны, обладающие значительными традиционными запасами и ресурсами ПГ и добывающие газ в крупных объемах, имеют неоспоримые преимущества перед «нефтяными» и тем более «угольными» странами. К «газовым» странам относятся Россия, Иран, Катар, Туркмения, Узбекистан, Австралия, Бангладеш, Тринидад и Тобаго и ряд других, в структуре производства ГИ и топливно-энергетического комплекса (ТЭК) этих стран газ занимает ведущее место (от 40 до 70–80 и более %).

Производство ГИ в России в последние годы показано в таблице 1.

Таблица 1

Добыча горючих ископаемых в России в последние годы, млн т, млрд м³

Виды ГИ	2016	2017	2018	2019
Нефть (+конденсат)	547,5**	546,8**	556**	566***
Газ (СГ+НГ*)	640	692	725	739
Уголь	386,3	409	439	450***
* нефтяной попутный газ ** сдерживание роста добычи нефти в рамках картельного соглашения ОПЕК+, то же наблюдалось и в 2019 г. и в 2020 гг. *** оценка				

В разных странах мира сложились различные соотношения между балансами производства и потребления различных энергоносителей (таблицы 2, 3).

Таблица 2

Потребление первичных энергоресурсов в 2017 г.* ведущими странами мира (% н.э.)

Страны	Газ	Нефть	Уголь	Атомная энергия	Гидро-энергия	ВИЭ	Всего, млрд т н.э.
Китай (КНР)	6,6	19,4	61,8	1,8	8,3	3,4	3,13
США	28,4	40,9	14,9	8,6	3,0	4,2	2,23
Индия	6,2	29,5	56,3	1,1	4,1	2,9	0,75
Россия	52,3	21,9	13,2	6,6	5,9	0,0	0,70
Япония	22,1	41,3	26,4	1,4	3,9	4,9	0,46
Германия	23,1	35,8	21,3	5,1	1,3	13,4	0,34
Бразилия	11,2	46,0	5,6	1,2	28,4	7,5	0,30
Республика Корея	14,3	43,7	29,2	11,4	0,2	1,2	0,30
Иран	67,0	30,7	0,3	0,6	1,3	0,0	0,28
Саудовская Аравия	35,7	64,3	—	—	—	—	0,27
Мир в целом	23,4	34,2	27,6	4,4	6,8	3,6	13,51

* за счет собственных ресурсов и импорта;
** источник — BP Statistical Review of World Energy, июнь 2018.

Таблица 3

Баланс производства/потребления/поставок энергоносителей в мире и важнейших странах в 2018 г.* млн т н.э.

Страны	Нефть	Газ	Уголь	АЭС	ГЭС	ВИЭ	Всего
Мир, в целом	4474	3326	3917	611	949	561	13838
в т.ч. Россия, производство	563	576	220	46	43	0,3	1448
потребление	152	391	88	46	43	0,3	720
баланс	411	185	132	0	0	0	728
США производство	669	715	365	192	65	104	2110
потребление	920	703	317	192	65	104	2301
баланс	-251	12	48	0	0	0	-191
Китай производство	189	139	1829	67	272	144	2640
потребление	641	243	1907	67	272	144	3274
баланс	-452	-104	-78	0	0	0	-634
Индия производство	40	24	308	9	32	28	441
потребление	239	50	452	9	32	28	810
баланс	-199	-26	-144	0	0	0	-369

* BP Statistical Review of World Energy

По-видимому, наилучшим, максимально сбалансированным ТЭК (и структурой ТЭБ) характеризуется Россия, далее следует Турция и некоторые другие страны. В небольших странах Европы (Дания, Португалия и др.) с малой наци-

ональной территорией, обедненных природными ресурсами (и минеральными энергоносителями) наблюдается явный перекоп в сторону ВИЭ (до 15–28% и более), что также не лучший вариант развития национального ЭК.

Отметим, что газ стал наиболее политизированным видом из всех полезных ископаемых, «затмив» нефть, уран, золото, алмазы.

В XXI веке ярко проявляется «давление» геополитики на всю газовую сферу (производство, поставки, цены).

Главные особенности развития ТЭК России в 2001–2020 гг.:

- преодоление последствий кризиса 90-х гг. (по нефти и углю);
- временная конъюнктурная стагнация добычи газа на уровне 580–640 млрд /год, а по отдельным компаниям-производителям и уменьшение добычи (после кризисного 2009 г.), с 2015 г. — вновь стремительный рост производства;
- по нефти и углю — постепенное, неуклонное увеличение производства, по ПГ — существенный рост.

Минеральная самообеспеченность различных стран прямо зависит от богатства их недр разнообразными полезными ископаемыми (ПИ), в т.ч. горючими. Чем больше территория страны и площадь прилегающего шельфа, тем, как правило, выше ее возможности для самообеспечения за счет национальной добычи. Максимально обеспечена почти всеми видами металлов, нерудного сырья (алмазами и др.) и горючими ископаемыми — Россия (площадь суши — 17,1 млн, шельфа около 5,5 млн, в сумме 22,6 млн). Высоко обеспечены многими видами ПИ такие страны, как Канада, США, Китай, Австралия, Бразилия (площадью от 5 до 10 млн каждая). Мало обеспечены ПИ все страны Европы (Западной, Центральной и Восточной), кроме Норвегии (богатейший газонефтеносный шельф) и Нидерландов (изначально много СГ — сверхгигантское месторождение Гронинген — Слохтерен и др.). Вместе с тем, недра многих европейских стран богаты углем (Германии, Польши, Бельгии, Великобритании, Украины и др.), который в силу ряда причин становится все менее востребованным, как энергоноситель. Более того, многие страны Западной Европы заявили о полном отказе от добычи угля и угольной генерации..., что в стратегическом плане, не вполне, верно.

Для всех стран мира в рамках дальнейшего развития энергетики сохраняется существовавшая в XX веке дилемма: увеличивать или сокращать (потребление)? Производить или покупать? (для обеспечения энергопотребностей). Лучше производить... и продавать «излишки» на мировом и региональных энергетических рынках, как это делает Россия уже 50 лет (с «перерывом» по нефти и углю в последнее десятилетие прошлого века) и ряд других стран, в первую очередь региона Персидского залива, а также Канада, Австралия, Алжир и многие др.

Любая страна в мире производит различные виды минеральных и прочих энергоносителей в соответствии с возможностями своих недр (в пределах национальных территорий и акваторий), поверхностных условий (рельеф и климат) потребностями их экономик. Во всех случаях лучше производить

самим, чем закупать по импорту — удобнее, дешевле и менее рискованно и заниматься поставками за рубеж излишков производства энергии.

Например, в России производство ГИ и гидроэнергии гораздо больше, чем ее потребности. То же относится и к странам Ближнего Востока, Северной Африки, Австралии, Канаде и др.

В осадочных бассейнах (ОБ) поверхности земли, на глубинах от 0,1 до 7–8 км концентрируются разнообразные ГИ: месторождения и залежи угля и углеводородов (МУВ — нефти и свободного газа), различного фазового состояния и величины геологических запасов (нефтяные — Н, газовые и газоконденсатные — Г и ГК, смешанные — НГК и т.д., от 0,1 млн условных тонн — у.т., или нефтяного эквивалента — н.э. до 10–14 млрд т и более), составляющие углеводородный потенциал (УВП) их недр, а также нефтяной, газовый, угольный потенциалы. Различают открытую часть УВП — месторождения нефти и газа (открытые, полностью или частично разведанные) и неоткрытые — перспективные и прогнозные ресурсы в объеме начальных потенциальных ресурсов — НПР.

Нет ресурсов — нет запасов (нечего искать и приращивать...), нет запасов — нет добычи (нечего добывать), нет добычи — нет и не может быть нефтегазового бизнеса, как такового, с последующим транспортированием УВ, переработкой, маркетингом и т.д., хотя запасы в недрах, открытые и разведанные, уже имеют свою цену (прошло финансирование поисково-разведочных работ — ПРР, компании-операторы уже понесли затраты...) — их можно продать, обменять, наконец, заложить в банке. Но «правильные», уважающие себя, компании хорошие запасы всё же никогда не продают, а организуют их эксплуатацию, т.е. добычу нефти и газа, что намного выгоднее, чем просто продать эти запасы. Итак, основа основ, фундамент нефтегазового производства — минерально-сырьевая база (МСБ) добычи УВ, состоящая из запасов и ещё неоткрытых ресурсов, требующих проведения масштабных ПРР.

Структуру начальной МСБ составляют: накопленная добыча (НД), текущие разведанные (доказанные, по западной терминологии) запасы категорий $A++C_1$, предварительно оцененные неразведанные запасы категорий B_2+C_2 частей залежей, примыкающих к участкам с промышленными запасами или только открытых залежей, совершенно не разведанных; перспективные и прогнозные ресурсы локальных адресных объектов, изученных только сейсмикой (без поискового бурения) и нелокализованные ресурсы (в сумме кат. Д) — неоткрытая часть НПР.

Во всём мире и в России развитие нефтяной отрасли промышленности началось в конце XIX в века, газовой — с конца 30-х гг. XX. Подробный анализ создания и развития МСБ и газодобычи во второй половине прошлого столетия приведён в работах [1–4], в последнее двадцатилетие (2001–2020 гг.) — в ряде публикаций [5–7]. Схема ОБ России и прилегающих морей приведена на рис. 1. Самые крупные бассейны СЕА: Восточно- и Западно-Сибирский, Баренцево- и Охотоморский. К ним приурочены одноименные нефтегазовые провинции и мегапровинции (ВСМП, ЗСМП и др.).

НГ-мегапровинции, провинции и области:

- 1 Северо-Кавказская
- 2 Волго-Уральская + Прикаспийская
- 3 Тимано-Печорская
- 4 Западно-Сибирская
- 5 Восточно-Сибирская
- 6 Баренцевоморская
- 7 Восточно-Арктическая
- 8 Охотоморская
- 9 Тихоокеанская

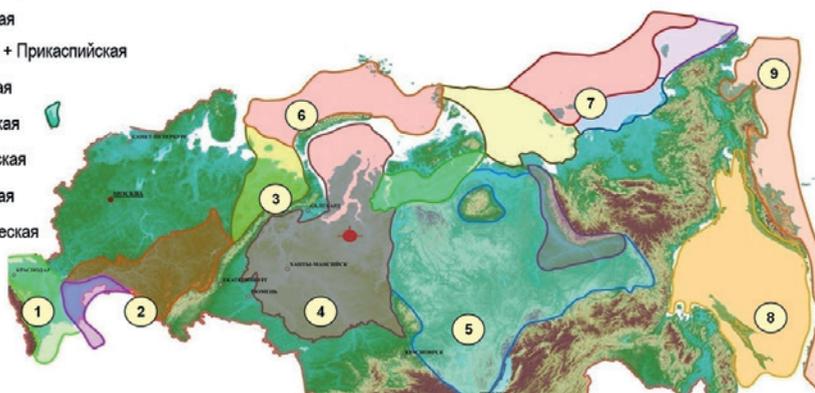


Рис. 1. Нефтегазоносные провинции России.

К 2021 г. в мире открыто около 77 тыс. МУВ, в т.ч. в России — 3,7 тыс.

Нефтегазовая геостатистика России такова. В Северной Евразии (СЕА): известно двенадцать осадочных бассейнов и мегабассейнов (суша и шельф, рис. 1). Всего на 1.01. 2021 в СЕА пробурено 65 тыс. поисковых и разведочных скважин, в т.ч. 21 тыс. — в Западной Сибири.

Открыто 3720 МУВ, в т.ч. 450 типа Г и ГК, 2720 — нефтяных, 530 — смешанных, НГК/ГКН/ГН/НГ (всего газосодержащих — 980).

Ежегодно компании-операторы открывают 50–55 новых МУВ, преимущественно нефтяных, газосодержащих обычно от 5–7 до 10 (с залежами свободного газа).

Так, в 2020 г. компания «Роснефть» открыла 20 новых МУВ, в т.ч. 3 — на шельфе, ПАО «Газпром» — 3 (1 — на шельфе) и т.д.

В идеале весь объём ресурсов УВ, подсчитанных когда-то для тех или иных провинций и областей теми или иными способами должен переходить в начальные разведанные (доказанные) запасы, запасы — в накопленную добычу. На самом деле специалистам в области ресурсов редко когда удаётся «угадать» истинную величину НПР газа/нефти в том или ином крупном геологическом объекте. После десятилетий проведения ПРР в запасы удаётся переводить часть от первоначальных оценок (с точностью $\pm 15\text{--}20\%$ чаще всего с (-)), и это ещё очень хорошо, когда подтверждается 80–85% (!). Нередки ошибки в 40–50% и даже в разы... Тем не менее, прогноз есть прогноз, чем лучше эксперт в области углеводородных скоплений — УВС, тем ближе он подходит к ресурсно-геологической Истине. И прогноз до бурения необходим. Об этом — ниже...

Нефтегазовая геостатистика России последних лет (2019–2021 гг.) приведена в таблицах 4–5. Газовая геостатистика России представлена на рис. 1. В таблице 6 приведены оценки НПР газа и нефти, официальные (2012 г.) и корпоративные (2016 г.). Из них видно, что положение со свободным газом в России лучше, чем с нефтью. Главным регионом газо- и нефтедобычи

был и остается Западно-Сибирский (Уральский ФО без южных областей и северная часть Красноярского края).

Основные запасы СГ России сосредоточены на севере Западной Сибири (ЯНАО) (таблица 6, рис. 2), в Восточной Сибири созданная МСБ добычи УВ пока недостаточна для крупномасштабной добычи (таблица 5).

Таблица 4

Извлекаемые запасы углеводородов России (Государственный баланс, на 01.01.2019).

Виды УВ	Категории запасов			
	Накопленная добыча	A+B ₁ +C ₁	B ₂ +C ₂	Начальные запасы
Свободный газ, трлн м ³	23,6	49,3	23,7	96,6
Конденсат, млн т	0,5	2,4	1,7	4,6
Нефть, млн т	24,3	18,6	11,3	54,2
Попутный газ, трлн м ³	2,0	1,5	1,5	5,0
Всего*	50,4	71,8	38,2	160,4

* при номинальном отношении Г:Н(К)=1000 м = 1 т (условных тонн: у т)

Таблица 5

Современное состояние минерально-сырьевой базы газо- и нефтедобычи России (2020г.)

Федеральные округа	Свободный газ, трлн м ³				Всего НЗ	Нефть, млрд т				Всего НЗ
	число	НД	запасы			число	НД	запасы		
			A+B ₁ +C ₁	B ₂ +C ₂				A+B ₁ +C ₁	B ₂ +C ₂	
Россия, всего 3700 МУВ	976	24,3	49	23,6	96,9	3229	24,8	18,7	12,1	55,6
в т.ч. Уральский	216	20,1	28,6	12,9	61,6	660	13	10,7	6	29,7
Сибирский (включая ТОН-области)	90	0,2	3,3	3,1	6,6	181	0,8	1,6	2,9	5,3
Приволжский	234	1,6	0,9	0,1	2,6	1655	8,4	3,8	1	13,2
Шельф	49	0,7	10,1	4,2	15	40	0,2	0,6	0,8	1,6

х) ГМ/НМ — газо-/нефтедержащие месторождения (включают НГКМ/ГН и др.).

Кроме того, НД конденсата — 0,6 млрд т, запасы текущие — 4,1, всего 4,7 млрд т, нефтерастворенный (попутный) газ НД — 2,0 трлн м³, запасы 5,2 трлн м³.

Всего начальные запасы ПГ — 101,8 трлн м³, ЖУВ — 60,8 млрд т.

Таблица 6

Оценки УВП недр России (традиционные ресурсы) млрд у. т

	Официальные	Авторские (средн.)
СГ		205
Н	111	72
К	~18	15
НПГ	12	8
Всего	429	300

Таблица 7

Величина и структура запасов свободного газа севера Западной Сибири (суша) на 01.01.2019 г., трлн.

Регионы, продуктивные комплексы	Структура запасов			
	Добыча и потери	A+B ₁ +C ₁	B ₂ +C ₂	Всего
ЯНАО, всего	18,9	28,6	13,1	60,6
в т.ч.: Ямал	0,4	10,4	6,7	17,5
Гыдан	—	1,1	1,5	2,6
НПТР	18,5	17,4	4,9	40,5
в т.ч. турон	—	1,2	0,3	1,5
альб-сеноман	16,4	11,8	0,6	28,8
неоком-апт	2,3	11,6	4,5	18,4
ачимовская толща	0,2	2,9	1,6	4,7
юра+НГЗК	0,0	1,1		7,2
х) чрезмерно завышено...				

Текущие «высоконадёжные» извлекаемые запасы газа северных областей (ЯНАО) по всем комплексам составляют 28,6 трлн м³, что при ежегодной добыче 530–550 млрд м³ (современной) обеспечивает «эксплуатационную жизнь» региона ещё как минимум на 38–40 лет (с учётом ожидаемого начала снижения уровней добычи после 2040 г.).

Таблица 8

Структура запасов газа и нефти Сибирской платформы и Вилюйской впадины (по состоянию на 1.01.2020) трлн, млрд т.

Регионы, области	СГ				Нефть			
	НД	A++	+	Всего	НД	A++	+	Всего
Красноярский край (в пределах СП)	0,0	0,4	0,6	1,0	0,1	0,3	0,8	1,2
Иркутская область	0,02	2,06	2,1	4,2	0,1	0,3	0,3	0,7
Саха-Якутия	0,07	~2,05	0,9	3,0	0,1	0,4	0,3	0,8
Всего	0,1	~4,5	~3,6	8,2	0,3	1,0	1,4	2,7

Самой крупной газодобывающей компанией в мире является ПАО «Газпром». За 2019 г. её предприятия добыли на территории России 500,2 млрд т. Технологическая структура запасов компании приведена в таблице 6. Отметим, что запасы на шельфе — 9,5 трлн т — ещё не введены в эксплуатацию (стратегический резерв). Запасы нефти+конденсата компании существенно ниже (менее 5 млрд т, извлек.).

Проблемы с МСБ нефтедобычи России значительно более сложны и разнообразны. Они таковы.

- обводнённость продукции превышает 80–85% (на большинстве ведущих по начальным запасам НМ);
- новые нефтесодержащие МУВ — мелкие и мельчайшие по запасам.

Объективные трудности российской нефтяной промышленности:

1. Значительная исчерпанность прогнозных (неоткрытых) высокоэффективных ресурсов: вероятности открытия новых крупных нефтесодержащих МУВ (25–30 млн т и более) во всех регионах суши невелики.

2. Высокая выработанность разведанных запасов всех крупнейших и тем более гигантских месторождений (с извлекаемыми запасами соответственно более 100 и 300 млн т — до 85–90% и более).

3. Высокая доля ТРИЗ в суммарных текущих разведанных запасах (из 18,5 — до 4,5–5,0 млрд т), по которым «добычная экономика не проходит»..., *линзовидные залежи в ачимовской свите и юре).

4. Значительные объёмы нефти сосредоточены в подгазовых оторочках Западной Сибири и др.

Субъективные трудности:

1. Нежелание большинства крупных и средних газодобывающих компаний-операторов доразведывать предварительно оценённые запасы кат. и с пограничными добычными возможностями (на уровне рабочих дебитом 3–5 т/сут. До глубин 2,5–3,0 км и в дальнейшем их осваивать (КЗН и др.).

Таблица 7

Величина и структура запасов газа ПАО «Газпром». трлн м³

Всего	34,6
– в т.ч. на месторождениях с растущей добычей (Чаяндинское, Бованенковское и др.)	4,6
– с постоянной добычей на суше (Заполярье, Ю. Русское и др.)	3,5
– с падающей добычей	4,2
– находящиеся в резерве на суше (Харасавэйское, Крузенштерновское и др.)	4,5
– удаленных от трубопроводов на суше (200 км и более)	5,5
– на шельфе	9,5
– Астраханское (с ограничениями по экологии)	2,8

К «высоконадежным» запасам, обеспечивающим добычу газа в ближней перспективе (до 2026–2028 гг.) относится 16,7 трлн м³ (47% от суммарных).

Выводы

1. Текущие запасы газа (СГ+НПГ) России (50 трлн м³, геол.) позволяют развивать его добычу до 2060–2070 г. С нефтью — сложнее: 18 млрд т запасов нефти едва хватит, чтобы до 2036–2040 гг. её добыча не снизилась менее 460–470 млн т, даже с учётом новых приростов разведанных запасов. Поддержание паритета добыча/прирост в течение по крайней мере 10–15 лет.

2. В России, да, и во всем мире, начальные и текущие (без накопленной добычи) извлекаемые ресурсы природного газа (традиционные и нетрадиционные) значительно превышают извлекаемые ресурсы нефти. Это и определяет доминантную роль газа в развитии мирового ТЭК в 2021–2070 гг. В частности, в России начальные извлекаемые ресурсы всех видов природного газа — традиционного, «плотного» (без ГГ) оцениваются в 230 трлн м³ (оценка «сверху»), (нефти — 111 млрд т, официальная оценка, 72 — корпоративная, более реальная оценка, будем считать ее «оценкой снизу»).

3. Реальные и даже очень желательные объемы производства ГИ в России в 2040 г., по мнению авторов, таковы:

- газ — 1,1 трлн м³,
- нефть (+конденсат) — 450–480 (в идеале — 500...) млн т. Вероятно постепенное снижение добычи нефти с 2030 г.
- уголь — 500–550 млн т (возможно до 600), в т.ч. открытым способом до 350–370 млн т.

В таком случае, на экспорт могут быть поставлены:

- до 500–550 млрд м³ газа;
- до 200–220 млн т нефти;
- до 350–400 млн т угля.

По объему экспорта (1,0–1,1 млрд условных тонн) Россия, безусловно, будет занимать (как сейчас) I место в мире. Статус энергетической сверхдержавы сохранится за Россией многие десятилетия XXI века.

4. Газовая промышленность России — важнейшая из добывающих отраслей страны. Её развитие, несмотря на «конъюнктурные скачки» и геополитические «проблемы» без сомнений будет успешным в XXI столетии.

Литература

1. Минерально-сырьевая база топливно-энергетического комплекса России. Состояние и прогноз. Гл. ред. В. З. Гарипов, Е. А. Козловский. — М.: 2004. — 548 с.
2. *Старосельский В. И.* История развития и современное состояние сырьевой базы газовой промышленности России / В. И. Старосельский, Г. Ф. Пантелеев, В. П. Ступаков и др. // Науч.-техн. обзор под ред. А. Д. Седых. — М.: ООО ИРЦ Газпром. — 2000. — 117 с.
3. *Карнаухов С. М.* Развитие минерально-сырьевой базы газовой промышленности / С. М. Карнаухов, В. С. Коваленко, В. С. Парасына, С. Н. Сивков, В. А. Скоробогатов // Газовая промышленность. — № 3. — 2007. — С. 22–25

4. *Карнаухов С. М.* Эра сеноманского газа: «от рассвета до заката» / С. М. Карнаухов, В. А. Скоробогатов, О. Г. Кананыхина // Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030 г.: сб. науч. статей. — М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. — С. 15–25.
5. *Люгай Д. В.* Развитие минерально-сырьевой базы газовой отрасли промышленности России и ПАО «Газпром»: итоги, проблемы, перспективы / Д. В. Люгай, В. В. Рыбальченко, А. Е. Рыжов и др. // Вести газовой науки: науч.-техн. сб. — М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2018. — № 3 (35): Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России. — С. 33–45.
6. *Парасына В. С.* Стратегические и тактические направления развития минерально-сырьевой базы газовой промышленности России в первые десятилетия XXI века / В. С. Парасына, В. С. Коваленко, С. Н. Сивков, В. А. Скоробогатов — Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — М.: ВНИИОЭНГ, № 3–4. — 2006. — С.4–8.
7. *Черепанов В. В.* Минерально-сырьевая база газодобычи России и ПАО «Газпром»: современное состояние и перспективы развития в XXI веке / В. В. Черепанов, Д. В. Люгай // Геология нефти и газа. Спецвыпуск «Газпром ВНИИГАЗ 70 лет». — 2018. — С. 17–30.

**НАУЧНАЯ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ АТТЕСТАЦИЯ
СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ:
МИРОВОЙ ОПЫТ, РОССИЙСКАЯ ПРАКТИКА**

**SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL CERTIFICATION
OF HIGHLY QUALIFIED SPECIALISTS:
WORLD EXPERIENCE, RUSSIAN PRACTICE**

Сергеева Т. К.,

*Российская инженерная академия,
Международный академический аккредитационный
и аттестационный комитет, Москва
e-mail: iaacc@mail.ru*

Sergeeva T. K.,

International Academic Accreditation & Certification Committee, Moscow

Аннотация. Система аттестации специалистов высшей квалификации в западных странах представлена двумя направлениями – аттестацией научной и профессиональной. Российская система ограничивается научной аттестацией. Развитие в стране профессиональной аттестации наряду с аттестацией научной, создаст синергетический эффект, обеспечит статусную определенность всех участников инновационного процесса.

Abstract. The certification system for highly qualified specialists in Western countries is represented by two directions – scientific and professional certification. The Russian system is limited to scientific certification. The development of the country's professional certification, along with the scientific certification, create a synergetic effect, provide certainty of the status of all participants in the innovation process.

Ключевые слова. Аттестация, научная, профессиональная, степени, звания

Keywords. Certification, scientific, professional, degrees, titles

Социально-экономические преобразования последних десятилетий вызвали серьезную трансформацию всех отечественных институтов, в том числе систем подготовки, оценки и аттестации специалистов высшей квалификации. Возникла реальная необходимость приведения в соответствие сложившейся системы аттестации специалистов высшей квалификации тенденциям и требованиям мирового экономического и технологического развития, принципам национальных проектов «Образование» и «Наука», призванным обеспечить устойчивое развитие РФ.

На повестке дня — формирование гибкой, совместимой с международными стандартами и практикой системы аттестации, стимулирующей активность и творческую инициативу как ученых, так и высоких профессионалов, внедряющих научные разработки в практику.

Аттестация: причины возникновения, этапы развития

Аттестация специалистов высшей квалификации с присуждением статусных характеристик — степеней и званий — механизм, позволяющий структурировать профессиональные сообщества, выделяя наиболее достойных, создавать стимулы и перспективы для роста молодых кадров.

Система научной аттестации как механизм признания и позиционирования заслуг ученых и преподавателей, зародилась в средневековых университетах Европы в XII-XIII веках в качестве *корпоративного* механизма, позволяющего ранжировать профессорско-преподавательский состав отдельных образовательных структур. Со временем аттестация перешагнула корпоративный уровень и приобрела статус системы *национального значения*, в середине XX века, на фоне развивающегося процесса глобализации и ускоряющегося трансграничного движения профессионалов и специалистов, началось формирование *международного* уровня [1].

Международный уровень потребовал собственных правил, процедур и стандартов аттестации, использования международных степеней и званий. Именно «степени, легко понимаемые как в Европе, так и вне ее» упрощают процедуру считывания статусных характеристик специалистов из разных стран, облегчают международные деловые контакты [2].

Профессиональная аттестация с присуждением профессиональных докторских степеней — направление более молодое, возникшее в семидесятые годы XX века. Глобализация, стремительный рост новых научных направлений, смена технологий, появление новых и исчезновением старых профессий, характерные для периода перехода общества на новый технологический уклад, вызвали необходимость перманентного обновления профессиональных знаний, фактически привели к смене образовательной парадигмы — от парадигмы «образование на всю жизнь» к парадигме — «образование в течение всей жизни».

Получение дополнительного образования, овладение новыми компетенциями стимулировали стремление профессионалов к репутационному росту, приобретению статусных характеристик — профессиональных докторских степеней, которые не только позиционируют профессиональную успешность, но и расширяют профессиональные и карьерные горизонты специалистов.

Международная практика аттестации специалистов высшей квалификации

В современном западном мире «документированию» профессионального статуса придается большое значение. Достижение каждого нового уровня в профессиональном росте отмечается соответствующими дипломами

и сертификатами, позиционируется в визитках, облегчает практику деловых контактов.

Мировая практика аттестации специалистов высшей квалификации разграничивает компетенции исследования и внедрения как различные виды деятельности. Именно поэтому система аттестации специалистов высшей квалификации в большинстве западных стран представлена двумя направлениями — аттестацией научной и профессиональной.

Результатом научной аттестации является присуждение ученой докторской степени (Academic degree) обладателям академической степени (University degree), внесшим существенный вклад в сферу фундаментальной или прикладной науки. Ученые степени присуждаются после защиты диссертации, расширяющей знания в соответствующей области науки.

Прерогатива присуждения ученых степеней принадлежит университетам и крупным исследовательским центрам. В целом ряде стран существует автономия университетов, право не только присуждать созданные ранее, но и создавать новые степени. Прецедентное право на их дальнейшее использование стимулирует развитие новых научных направлений.

Участие узкого круга профильных специалистов в оценке актуальности и значимости научного исследования, минимальная бюрократизация процесса аттестации, обеспечивают гибкость самой системы аттестации, ее способность стимулировать инновационное развитие.

Результатом профессиональной аттестации является присуждение профессиональной докторской степени (Professional degree) обладателям академической степени (University degree), имеющим большой опыт практической работы, внесшим значительный вклад в сферу профессиональной деятельности. Основанием для профессиональной аттестации служат: базовое профессиональное образование, дополнительное профессиональное образование, участие специалиста в саммитах, конференциях, симпозиумах, позволяющих перманентно обновлять профессиональные знания, наличие патентов, научных разработок, выполненных проектов и практических работ, наличие профессиональных и государственных наград и поощрений.

Прерогатива присуждения профессиональных докторских степеней принадлежит, преимущественно, негосударственным организациям, в качестве экспертного сообщества выступают профильные профессиональные общественные объединения.

Профессиональные докторские степени составляют систему профессионального, а не академического/исследовательского доктората, поскольку обладатели такой степени занимаются, в большей степени, практической, а не теоретической деятельностью.

Российская система аттестации специалистов высшей квалификации

Формат российской системы научной аттестации был заложен в начале 30-х годов прошлого столетия, в период индустриализации, когда наука

и научные кадры были призваны сыграть роль локомотива в подъеме национальной экономики.

В 1932 году была создана Высшая аттестационная комиссия (ВАК), в 1934 году опубликовано Постановление Совета народных комиссаров СССР «Об ученых степенях и званиях». За время деятельности ВАК аттестации в ней прошли десятки тысяч видных отечественных ученых и выдающихся деятелей системы высшего образования.

С середины 90-х годов и по настоящее время система научной аттестации перманентно трансформируется.

Одним из важных шагов, приведших к снижению статуса ВАК, явилось ее ведомственное переподчинение — из надведомственной структуры при Совете Министров СССР, в ВАК при Минобрнауки РФ.

Был предпринят ряд преобразований, направленных, по словам Председателя ВАК Владимира Михайловича Филиппова, на «демократизацию, повышение гибкости» и сближение национальной системы аттестации с международной практикой [3].

В числе таких новаций — наделение ряда образовательных и научных организаций правом присуждения степеней автономно от ВАК, сокращение количества диссертационных советов с 3300 до 1900, уменьшение количества членов в них с 19 до 11, присуждение наряду со степенью кандидата наук, международной степени PhD и др. Разработана новая номенклатура научных специальностей, их количество сокращено с 430 до 350. Однако предыдущая номенклатура не менялась 12 лет, что свидетельствует скорее о консервативности, чем о гибкости системы аттестации на фоне стремительного развития новых научных направлений, формирования новых профессиональных сообществ, возникновения новых и исчезновения старых профессий.

Наряду с системными преобразованиями, шел процесс коммерциализации процедуры подготовки и защиты диссертаций, коммерциализации издательской деятельности.

Перманентные новации, не выстроенные в понятную и одобренную научным сообществом стратегию, разоблачение «поточного производства фиктивных диссертаций» дестабилизировали некогда четкую и объективную систему научной аттестации, привели к потере ориентиров, утрате у соискателей уверенности в завтрашнем дне, старению собранных данных, и к отказу от защиты части из них.

К 2012 году, осознавая ущерб, нанесенный системе аттестации, отечественной науке, престижу страны, Минобрнауки запустил процесс проверки на плагиат диссертаций чиновников, политиков, деятелей науки и образования. Так называемый «диссергейт» — борьба с «липовыми» диссертациями и отзыв ранее присужденных степеней, подорвал доверие к национальной системе аттестации и отечественным статусным характеристикам не только в нашей стране, но и за рубежом.

Профессиональная аттестация по международным стандартам в РФ

Однако указанные явления лишь часть проблем национальной системы аттестации специалистов высшей квалификации.

Не менее важно то, что до сих пор вне аттестационного поля остаются высокие профессионалы, внедряющие научные разработки в практику, а зачастую, участвующие в их научном обеспечении. Система профессиональной аттестации с присуждением статусных характеристик, признаваемых на уровне степеней ВАК, в стране не создана.

Статусная дискриминация профессионалов снижает возможности их карьерного роста, участия в образовательном процессе, где «ваковские» степени учитываются в ряду аккредитационных показателей вузов, независимо от давности защиты и узости тематики диссертационного исследования.

Тот факт, что в Российской Федерации, в условиях острой необходимости технологических, технических и организационных прорывов значительная часть российских специалистов остается вне зоны национального и международного профессионального позиционирования вызывает серьезную обеспокоенность.

Вопрос о необходимости создания в стране системы профессиональной аттестации с присуждением принятых в международной практике профессиональных докторских степеней, обсуждается на самом высоком уровне с середины 90-х годов: в Программе Президента Путина 2012–2018 [4]., в Концепции модернизации системы научной аттестации специалистов высшей квалификации, разработанной Минобрнауки и ВАК в 2013 г., в интервью академика РАН М. П. Кирпичникова, возглавлявшего ВАК с 2005 по 2012 гг. и т.д.

Серьезным событием в вопросе становления профессиональной аттестации в стране явился **Круглый стол** «Аттестация специалистов высшей квалификации: отечественные реалии, международный опыт, траектории развития», проведенный в конце 2019 года по инициативе Комиссии Общественной палаты Российской Федерации по развитию образования и науки и Президиума Международного академического аккредитационного и аттестационного комитета (МАОАК).

МАОАК имеет двадцатилетний опыт профессиональной аттестации специалистов высшей квалификации по международным стандартам. Комитет учрежден в 1998 году под эгидой ЮНЕСКО при активной поддержке Правительства Российской Федерации, Администрации Президента, Министерства иностранных дел РФ, Ассоциации экс-министров иностранных дел, Министерства общего и профессионального образования РФ при содействии Е. М. Примакова.

Комитет — неправительственная организация, в основе аттестации — стандарты Международной стандартной классификации образования (МСКО 1997; 2011, 2013) (The International Standard Classification of Education) (ISCED 1997, 2011, 2013), разработанные Институтом статистики ЮНЕСКО

с целью обеспечения сопоставимости и признания национальных документов об образовании и аттестации на международном уровне [5].

Экспертная система профессиональной аттестации в МАААК сходна с российской системой научной аттестации.

Роль экспертного сообщества выполняют профильные профессиональные общественные объединения: ассоциации, союзы, гильдии, академии, которые, оценивая профессиональные активы специалистов, рекомендуют их на аттестацию.

В Комитете проводится экспертиза документально подтвержденных активов соискателя на соответствие требованиям МАААК. Аттестационное дело соискателя, получившее положительное экспертное заключение, выносится на заседание Президиума МАААК. Прерогатива Президиума — принятие решения о присуждении искомой степени.

Дипломы МАААК проходят регистрацию в Министерстве юстиции и Министерстве иностранных дел РФ, приобретают статус документов «поддержанных государством», признаются в России и за рубежом.

Аттестационные документы (дипломы МАААК) имеют международный дизайн, соответствующие степени защиты, издаются в 2-х форматах (книжный — А4 и альбомный — А5), печатаются на английском и русском языках. В дипломах, в соответствии с международной практикой аттестации, указывается название степени и фраза, характеризующая вклад специалиста в конкретную сферу практической деятельности.

Аттестационная деятельность Комитета взаимосвязана с широким спектром общественных организаций, в сфере управления предпринимательства, культуры, образования, медицины, социальных услуг, инжиниринга, производства и т.д., выступающих в качестве экспертного сообщества. В их числе: Евразийская организация экономического сотрудничества» (ЕОЭС), Межгосударственный Комитет СНГ по распространению знаний и образованию взрослых, АНО ДО Академия традиционной медицины (ШОС) (Казахстан), Торгово-промышленная палата РФ (ТПП РФ), Московская торгово-промышленная палата (МТПП) и др.

Важнейшими партнерами МАААК в развитии профессионально-общественной аттестации являются Российская и Международная инженерные академии, возглавляемые доктором технических наук, профессором, членом академий наук и инженерных академий ряда стран, заслуженным деятелем науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и РФ и 5-ти премий Правительства РФ в области науки и образования Борисом Владимировичем Гусевым.

Система профессионально-общественной аттестации в том виде, как она реализуется в МАААК, обеспечивает прямое участие профессиональных объединений в оценке достижений специалистов, претендующих на присуждение профессиональной докторской степени или звания; соответствует международным нормам, стандартам и правилам; имеет национальную специфику, отвечающую интересам Российской Федерации.

Формат Комитета, его концептуальная и документальная база, технологии и процедуры аттестации, регистрация дипломов в Министерстве юстиции и Министерстве иностранных дел РФ, система представителей в регионах Российской Федерации и за рубежом — явление уникальное на пространстве бывшего СССР. Нарботки МАААК обладают серьезным потенциалом для дальнейшего развития как на национальном уровне, так и в качестве модели построения единой международной аттестационной системы на пространстве таких международных объединений, как СНГ, ЕАЭС с целью консолидации национальных профессиональных элит.

Есть все основания считать, что развитие в нашей стране двух направлений аттестации — научной и профессиональной будет способствовать успешному развитию национальной системы аттестации в целом, создаст синергетический эффект, обеспечит статусную определенность всех участников инновационного процесса — от разработчиков идеи до специалистов, внедряющих научные разработки в практику.

Расширение аттестационного поля позволит гармонизировать сотрудничество науки и реальной практики с учетом тенденций современного развития.

Список литературы

1. *Сергеева Т. К.* Аттестация по международным стандартам в условиях глобализации. В кн.: Международный академический аккредитационный и аттестационный комитет (МАААК) — 15 лет развития и успеха в России. М.: Вега-Принт. 2014. С. 27.
2. Болонский процесс. Основополагающие материалы. М.: Финансы и статистика, 2007. С. 42.
3. *Филиппов В. М.* Система научной аттестации станет гибче и демократичнее// Российская газета — Федеральный выпуск. 2020. 24 (8295). <https://rg.ru/gazeta/rg/2020/10/26.html>
4. Программа Владимира Путина 2012–2018 (<https://putin2012.ru/program/2>)
5. Международная стандартная классификация образования ЮНЕСКО// <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/iscd-2011-ru.pdf>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И АЛГОРИТМ ЕЁ РЕШЕНИЯ

Кабулов А. В.,

*Доктор технических наук — профессор, руководитель
Инженерной Федерации Узбекистана,
anvarkabulov@mail.ru*

Утеулиев Н. У.,

*Доктор физико-математических наук — профессор Нукусского филиала
Ташкентского университета информационных технологий
имени Мухаммада аль-Хорезми,
utewlievn@mail.ru*

Норматов И. Х.

*Доктор физико-математических наук — профессор,
исполнительный директор Инженерной Федерации Узбекистана,
ibragim_normatov@mail.ru*

Аннотация: В настоящей статье рассматриваются вопросы разработки математических моделей формирования платы за водопользование и нормативов экологических платежей, а также методы решения задачи межгосударственного водопользования.

This article deals with the development of mathematical models for the formation of fees for water use and environmental payment standards, as well as methods for solving the problem of interstate water use.

Ключевые слова: математическая модель, метод, цена, водные ресурсы, двойственная задача, экологические платежи, алгоритм, сходимость.

В настоящее время особенно остро стоит вопрос рационального использования природных ресурсов. В то же время формальная цена на некоторые ресурсы, например, воду, землю, не установлена.

Экологическая ситуация в Приаралье вследствие усыхания моря и ухудшения состава воды в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи в последнее время приобрела особую актуальность. Следует отметить, что эта проблема все чаще привлекает внимание международной общественности, ученых-экологов, математиков, экономистов далеко за пределами Центральной Азии. Поиски путей нормализации ситуации ведутся в различных направлениях.

Концепция рационализации использования природных ресурсов излагается в работах [1–6]. Одной из очевидных причин данной проблемы является неупорядоченное использование водных ресурсов рек Амударьи и Сырдарьи, вследствие чего практически нет притока воды в остаточную часть Аральского моря. А это, как известно, привело к резкому повышению уровня за-

соленности морской воды, к обратимым изменениям климата, повлекшим за собой потерю многих уникальных видов флоры и фауны. Поскольку Амударья и Сырдарья является общим ресурсом стран Центральной Азии, целесообразны, по нашему мнению, общие усилия всех государств, использующих воду этих рек, для решения гидроэкологических проблем Приаралья.

В качестве возможной меры в этом направлении целесообразно согласованная деятельность соответствующих региональных органов водораспределения. Считаем целесообразным установление платы за водопользование. При этом возникает проблема определения научно-обоснованных нормативов платы за водные ресурсы и анализ экологических и экономических последствий введения таких платежей. Решение этой задачи наталкивается на ряд трудностей. Во-первых, ввиду отсутствия собственности на воду трудно развивать рыночные отношения купли-продажи водных ресурсов, и следовательно, чисто рыночные механизмы ценообразования. Во-вторых, в специфических условиях Центральной Азии с широким распространением орошаемого земледелия и постоянным дефицитом воды её полезность для потребителей заведомо значительно превышает материальные затраты, прямо связанные с её поставками. Это означает, что затратный подход также малопригоден для формирования платы за водные ресурсы.

С формальной точки зрения, в основу цены на воду могут быть положены двойственные оценки оптимальной платы водопотребления. Основные трудности при этом заключаются в определении величины такой оценки без информации о функциях полезности потребителей.

Необходимо также оценить, как введение платы за воду и экологических платежей будет способствовать рациональному водопользованию в бассейнах этих рек и стимулировать структурные изменения в экономике данного региона, в частности в Республике Каракалпакстан. Сложность и многоаспектность этой проблемы требуют для её решения применения методов математического моделирования.

Необходимо отметить, что в ряде работ предлагаются алгоритмы расчета цен на такие «общие ресурсы», основанные на результатах теории двойственности. [1,2,9,13]. В одной из этих работ, посвящённых задаче водопользования, показана, в частности, целесообразность использования методики, разработанной в Международном институте прикладного системного анализа (IIASA) [9].

В данной работе предлагается одна из моделей формирования платы за водопользование и экологических платежей за загрязнение воды, основанные на концепции «общих ресурсов» и метод её решения [11,12].

1. Содержательная и математическая постановка задачи межгосударственного водопользования:

Рассмотрим № стран, использующих общий водный ресурс.

Предложим вначале, что каждая из них расходует часть воды, но не изменяет её качество. Пусть F - ресурсы воды; x_i — потребление воды в i -стране; —

прибыль, получаемая от потребления воды в i -стране в количестве x_i ; — предельная величина водопотребления в i -й стране. Тогда, задача максимизации прибыли всех стран от использования воды имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^N v_i(x_i) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i \leq F, \quad (2)$$

$$0 \leq x_i \leq \bar{x}_i, \quad i = \overline{1, N}. \quad (3)$$

Из результатов [10] следует, что решение данной задачи (оптимальное водопотребление) принадлежит ядру неантагонистической игры, игроками в которой будут N стран, а их функциями выигрыша.

Задача (1)–(3) не может быть решена каким-то одним координирующим органом, поскольку страны-участники не заинтересованы в разглашении своих функций полезности $v_i(x_i)$. Поэтому основу предлагаемой в работе методики составляет алгоритм решения этой задачи, не требующий обмена такой информацией. Его суть состоит в следующем.

2. Алгоритм решения задачи межгосударственного водопользования.

Координирующий орган устанавливает некоторую цену на воду. Страны, её потребляющие, сообщают координирующему органу свои потребности при заданной цене. В зависимости от соотношения между общим спросом на воду и её наличным ресурсом координирующий орган корректирует цену и сообщает потребителям её новое значение, после чего повторяется описанная выше процедура. Для обоснования этой процедуры запишем функцию Лагранжа для задачи (1)–(3):

$$L(x, u) = \sum_{i=1}^N v_i(x_i) + u \left(F - \sum_{i=1}^N x_i \right) = \sum_{i=1}^N v_i(x_i) - u \sum_{i=1}^N x_i + uF. \quad (4)$$

Если вам известно — оптимальное решение задачи, двойственной к (1)–(3), то можно рассматривать её эквивалентную постановку (при вогнутых функциях полезностей):

$$L(x, u^*) \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$0 \leq x_i \leq \bar{x}_i, \quad i = \overline{1, N} \quad (6)$$

Из задачи (5)–(6) получаем, с учетом (4), N независимых подзадач для каждого отдельного потребителя:

$$v_i(x_i) - u^* x_i \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$0 \leq x_i \leq \bar{x}_i, \quad i = \overline{I, N} \quad (8)$$

Таким образом, при известной цене на воду децентрализация решения задачи оптимального водопользования (1)–(3). То же самое будет и при произвольной цене, только полученное при этом решение не будет оптимальным решением задачи (1)–(3).

На самом деле, точное оптимальное решение двойственной задачи неизвестно. Однако, можно построить адаптивную процедуру определения, основанную на использовании текущего значения дисбаланса между

общим потреблением воды $\sum_{i=1}^N x_i$ и её наличным ресурсом F , т.е. величины $\sum_{i=1}^N x_i^s - F$.

Предлагаемая процедура имеет следующий вид:

В качестве начального приближения u^0 выберем произвольное число. Пусть нам известно $u^s, s = 1$ — цена на воду в момент времени s . Исходя из неё, каждый потребитель воды определяет свои потребности x_i^s , решая задачу:

$$v_i(x_i) - u^* x_i \rightarrow \max, \quad (9)$$

$$0 \leq x_i \leq \bar{x}_i, \quad i = \overline{I, N} \quad (10)$$

Новая цена на воду u^{s+1} определяется путем изменения пропорционально разнице между общим спросом на воду $\sum_{i=1}^N x_i^s$ и её предложением F с учетом обязательной неотрицательности u^{s+1} :

$$u^{s+1} = \max \left(0, u^s + \rho_s \left(\sum_{i=1}^N x_i^s - F \right) \right); \quad (11)$$

где ρ_s — некоторый шаговый множитель.

Следует отметить, что $\sum_{i=1}^N x_i^s - F$ в (11) является обобщенным градиентом целевой функции $\varphi(u) = \max_{x_i} L(x, u), i = \overline{I, N}$
 $0 \leq x_i \leq \bar{x}_i$

задачи, двойственной (1)–(3) (при сделанных предположениях эта функция будет не дифференцируемой при тех $u = u^s$, когда хотя бы одна из задач (9)-(10) имеет более одного оптимального решения [11]). Сама процедура (11) будет методом обобщенно-градиентного спуска [7] для решения данной задачи минимизации $\varphi(u)$ при ограничении $u \geq 0$. Поэтому выбор шагового множителя может быть основан на обычных для этого метода условиях:

$$\rho_s \geq 0, \quad \rho_s \rightarrow 0 \quad \text{при} \quad s \rightarrow \infty \quad \sum_{s=0}^{\infty} \rho_s = \infty \quad \sum_{s=0}^{\infty} \rho_s^2 < \infty .$$

Заметим, что координирующий орган при имеющейся у него информации не может вычислить значение функции $\varphi(u)$. Поэтому для определения оптимальной цены u^* не могут применяться численные методы, использующие такую информацию.

Последнее условие гарантирует сходимость последовательности $\{u^*\}$ к одному из оптимальных решений u^* задачи, двойственной к (1)–(3). Без этого условия можно лишь утверждать о сходимости $\{u^*\}$ любой сходящей подпоследовательности из $\{x^s\}$.

Как уже отмечалось, u^* можно интерпретировать как оптимальную плату за воду, а x_i^s — как спрос на воду i -й страны при цене u^s . Поэтому соотношение (11) представляет собой разностный аналог уравнения Вальраса, описывающего динамику цен в условиях конкурентного рынка и процедуру формирования оптимальной (т.е. равновесной) цены.

Таким образом, изложенный алгоритм имитирует процедуру рыночного ценообразования на «общий ресурс» — воду.

Если в модели (1)–(3) x_i — не скаляр, а m -мерный неотрицательный вектор, то вместо задачи (9)–(10) будет рассматриваться подзадача:

$$v_i(x_i) - u^s \sum_{j=1}^m x_{ij} \rightarrow \max \quad (12)$$

$$x_i \in X_i, \quad i = \overline{1, N} \quad (13)$$

где $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{im})$, $i = \overline{1, N}$, X_i — область допустимых значений.

Заметим, что на самом деле в процессе водопользования происходит загрязнение части воды и ухудшение её состава за счет сбросов. Поэтому необходимо построение модели, учитывающей эти факторы. В такой модели целевой функции (1) и ограничениям (2)–(3) будут добавлены ограничения

$$\sum_{i=1}^N q_i^k(x_i) \leq Q_k, \quad i = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (14)$$

где $q_i^k(x_i)$ — зависимость между объёмом водопотребления и повышением концентрации k -го загрязнителя в воде, Q_k — предельно допустимая концентрация в воде k -го загрязнителя, K — число учитываемых загрязнителей. В этом случае наряду с ценой на воду и следует ввести налог w_k , которым облагается единица сбрасываемого в воду k -того загрязнителя. Адаптивный процесс ценообразования на воду и налогообложения на сбрасываемые загрязнители примет следующий вид.

Выберем произвольные u^0 и w_k^0 , $k = \overline{1, K}$. Опишем процедуру построения u^{s+1} и w_k^{s+1} по известным u^s и w_k^s , $s = 0, 1, \dots$, $k = \overline{1, K}$. Для этого:

1) оптимальная структура водопользования x_i^s определяется независимо каждым потребителем из условия максимума его прибыли:

$$v_i(x_i) - u^s x_i - \sum_{k=1}^K w_k^s q_i^k(x_i) \rightarrow \max,$$

$$0 \leq x_i \leq \bar{x}_i, \quad i = \overline{I, N}$$

2) новая цена u^{s+1} на воду определяется согласно условию

$$u^{s+1} = \max\left(0, u^s + \rho_s \left(\sum_{i=1}^N x_i^s - F\right)\right); \quad (15)$$

3) новые ставки w_k^{s+1} налогов за загрязнение воды вычисляются по формуле:

$$w_k^{s+1} = \max\left(0, w_k^s + \rho_s \left(\sum_{i=1}^N q_i^k(x_i) - Q_k\right)\right), \quad k = \overline{I, K} \quad (16)$$

Условия сходимости данного алгоритма аналогичны ранее рассмотренному. Дополнительно требуется выпуклость функций $q_i^k(x_i)$ и существование внутренней точки множества, заданного ограничениями (14).

Отметим, что процедура определения цен на воду и платы за загрязнение может быть организована следующим образом. По данным создаваемого в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи межгосударственного мониторинга периодически будут определяться объёмы водопользования и загрязнения воды каждой из стран. Затем, величина цены на воду и платы за загрязнение будет корректироваться согласно процедуре (15)-(16). Средства, полученные от таких платежей, будут использоваться для финансирования межгосударственных программ улучшения экологической обстановки в регионе.

Естественно, что непосредственное применение такой адаптивной квазирыночной процедуры может потребовать значительного времени до получения близкой оптимальной цены. Поэтому представляет интерес рассмотрение следующей процедуры переговоров об установлении цены на воду и платы за её загрязнение, моделью которой являются изложенные выше алгоритмы.

Перед началом переговоров создается некоторое «Агентство», уполномоченное назначить цену и размеры налогов. Таким «Агентством», в частности, может быть Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия (МКВК). В качестве потребителей воды рассматриваются страны-её участники. Переговоры организуются следующим образом.

«Агентство» сообщает текущие цену на воду u^s и ставки налога за её загрязнение w_k^s . После этого, потребители, независимо друг от друга, определяют и сообщают агентству оптимальные уровни водопотребления x_i^s . При участии представителей «Агентства» ими также рассчитываются ожидаемые объёмы, связанные с этим загрязнением воды. «Агентство» агрегирует поступающую информацию, вычисляя величины.

$$\sum_{i=1}^N x_i^s - F \quad \text{и} \quad \sum_{i=1}^N q_i^k(x_i) - Q_k, \quad k = \overline{I, K}.$$

После этого в «Агентстве» по формулам (15)-(16) рассчитываются новые значения платы за воду u^{s+1} и ставок экологических налогов w_k^{s+1} . Заметим, что такие переговоры легко организовать с использованием сети компьютеров, связывающей «Агентство» с потребителями. При этом «Агентство» первоначально будет обладать только информацией об агрегированных нормативах F и Q_k , данные о функциях $v_i(x)$ и $q_i^k(x_i)$ остаются в распоряжении потребителей. Информация о значениях x_i^s и $q_i^k(x_i^s)$ поступает от потребителей непосредственно в центральный процессор сети, где рассчитываются агрегированные величины $\sum_{i=1}^N x_i^s$ и $\sum_{i=1}^N q_i^k(x_i^s)$. Это предотвратит разглашение информации, конфиденциальной для каждого потребителя. По сравнению с рассмотренной ранее процедурой ценообразования через данные мониторинга такие переговоры выгодны потребителям также и потому, что при этом исключается негативное воздействие на их экономику высоких неоптимальных цен, устанавливаемых на промежуточных этапах процедуры ценообразования.

Таким образом, на основе этих моделей предложены централизованные итеративные процедуры установления платы за водопользование и экологических платежей за загрязнение воды. Определены условия сходимости таких процедур к равновесным ценам.

Литература

1. Ermolev Y.M., Fisher G. Spatial Modelling of Resource Allocation and Agriculture production under Environmental Risk and Uncertainty, WP-93–11-Laxenburg(Austria), 1993.
2. Ermolev Y., Klaassen G., and Nentjes A. Incomplete information and the Cost-Efficiency of Ambient Charges, WP-93–72-Laxenburg(Austria), 1993.
3. Горстко А. Б. Математическое моделирование и проблемы использования водных ресурсов. — Ростов-на-Дону, 1976. 64с.
4. Горстко А. Б., Домбровский Ю. А., Сурков Ф. А. Модели управления эколого-экономическими системами. — М., 1984. 120 с.
5. Горстко А. Б., Угольницкий Г. А. Введение в моделирование эколого-экономических систем. — Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского Университета, 1990. 110 с.
6. Горстко А. Б., Угольницкий Г. А. Влияние процессов загрязнения и использования природных ресурсов региона на качество окружающей среды // Проблемы мониторинга. Т. 9. — Ленинград, 1986. — С. 227–241.
7. Ермольев Ю. М. Методы стохастического программирования. — М.: Наука, 1976. 178 с.
8. Ермольев Ю. М., Михалевич М. В., Утеулиев Н. У. Моделирование рационального использования межгосударственных ресурсов в условиях неполной информации // Производственная и прикладная математика. — Киев, 1994, № 2. С. 12–17.

9. *Ермольев Ю. М., Михалевич М. В., Утеулиев Н.* О моделировании экономических механизмов международного водопользования (на примере бассейна Аральского моря). // Кибернетика и системный анализ, 1994, № 4. С. 72–79.
10. *Никайдо Х.* Выпуклые структуры и математическая экономика. — М.: Мир, 1972. 519 с.
11. *Хедли Дж.* Нелинейное и динамическое программирование. М.: Мир, 1976, 184 с.
12. *Львович М. И., Цигельная И. Д.,* Управление водным балансом Аральского моря. — Изв. АН СССР, сер. географ. 1978, № 1. С. 42–54.
13. *Ляшенко И. Н., Михалевич М. В., Утеулиев Н. У.* Методы эколого-экономического моделирования. Монография. — Нукус, изд. «Билим», 1994. 234 с.
14. *Утеулиев Н. У.* Стохастические модели методы оптимизации природопользования. Монография. Ташкент, изд. «Aloqachi», 2019, 128 с.

ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА ТОВАРОВ И ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЕЕ ВНЕДРЕНИЕМ НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН ЕАЭС

DIGITAL MARKING OF GOODS AND PROBLEMS RELATED TO ITS IMPLEMENTATION IN THE TERRITORY OF THE EAEU COUNTRIES

Танин Л. В.,

*ЗАО «Голографическая индустрия», Республика Беларусь, Минск
(e-mail:leonidtanin@gmail.com)*

Tanin L. V.,

CJSC Holography Industry, Republic of Belarus, Minsk

Аннотация: В статье сообщается, что в целях борьбы с теневым оборотом товаров предлагается ввести в странах ЕАЭС цифровую маркировку товаров средствами идентификации. Предусматривается в каждой из стран создать свою национальную систему маркировки на основе единой цифровой платформы. В Беларуси накоплен значительный опыт в области маркировки товаров. Используемые для маркировки товаров контрольные идентификационные знаки защищены продуктом голографических нанотехнологий – кристаллограммой. Предлагается защитить от подделки и копирования двухмерные штрих-коды или QR-коды кристаллограммой.

Abstract: The article reports that in order to combat the shadow turnover of goods, it is proposed to introduce digital marking of goods in the EAEU countries with identification means. It is envisaged in each of the countries to create their own national marking system based on a single digital platform. Belarus has accumulated significant experience in the field of goods marking. The control identification marks used for marking goods are protected by a product of holographic nanotechnology – a crystallogram. It is proposed to protect two-dimensional barcodes or QR codes with a crystallogram from counterfeiting and copying.

Ключевые слова: цифровая маркировка, кристаллограмма, QR-код, штрих-код.

Keywords: digital marking, crystallogram, QR-code, barcode.

Распространение контрафактной и фальсифицированной продукции является одной из актуальных мировых проблем. В эпоху глобализации мировой экономики проблемой для государства остается борьба с нелегальным оборотом продукции. Подделкам подвергаются практически все категории товаров. Одним из проверенных и надежных способов борьбы с поступлением на внутренние рынки контрафактных товаров является инструмент единого таможенного реестра объектов интеллектуальной собственности ЕАЭС. В настоящее время назрела объективная необходимость совершенствования

механизмов контроля, которые в первую очередь должны соответствовать цифровой трансформации общества и способствовать повышению благосостояния и развитию свободной конкуренции.

По оценкам экспертов доля нелегального рынка в странах ЕАЭС составляет около 80%. Товары из государств ЕАЭС проходят границу свободно, никакого механизма контроля нет, проводить проверки таких товаров может только Роспотребнадзор.

Как известно, в целях борьбы с теневым оборотом товаров страны ЕАЭС подписали Соглашение о маркировке товаров средствами идентификации в Евразийском экономическом союзе (далее — Соглашение), вступившее в силу 29 марта 2019 г. Соглашение определило единый подход к маркировке товаров, основанный на прослеживаемости движения каждой легально введенной в торговый оборот единицы товара за счет его маркировки средством идентификации — уникальной последовательностью символов в машиночитаемой форме.

Соглашение предусматривает создание каждой из стран своей национальной системы маркировки товаров на основе единой цифровой платформы. Операторы национальных систем будут вносить информацию о национальных средствах идентификации в единый реестр средств идентификации ЕАЭС.

Формирование реестра и его использование всеми участниками оборота маркируемых товаров (а также контролирующими органами) предполагает, в первую очередь, унификацию вышеуказанных средств идентификации (единые формат цифровых кодов и вид их представления). Наиболее вероятно, что в качестве унифицированного будет принят российский образец средства идентификации, разработанный в рамках внедрения национальной информационной системы «Честный знак». Здесь уникальная последовательность символов (далее — код идентификации товара) представляется в виде двухмерного штрихового кода.

В целях защиты кодов идентификации от подделки они будут подвергаться оператором системы криптографическому преобразованию для формирования т.н. «кодов проверки» — дополнительной последовательности символов, позволяющей выявить фальсификацию кода идентификации при его проверке с использованием кассового фискального накопителя и иных технических средств проверки. Код идентификации, дополненный кодом проверки, на практике именуется «кодом маркировки».

Таким образом, при производстве (импорте) каждого конкретного товара его криптографически защищенный код маркировки будет регистрироваться в едином реестре средств идентификации ЕАЭС, а при розничной продаже этого товара — автоматически исключаться из реестра за счет применения кассового оборудования с подключением к оператору фискальных данных.

Но актуальным остается вопрос о защите от подделки и копирования самого двухмерного штрихового кода.

Эксперты ЕАЭС признают относительно низкую степень его защиты от подделки (копирования). Но полагают, что данный недостаток может быть компенсирован, в частности, увеличением числа этапов оборота подлежащих маркировке товаров, при осуществлении которых требуется передача сведений о товаре в единый реестр средств идентификации ЕАЭС. Такое существенно снизит риск появления на рынке нелегального товара, так как увеличится число контрольных точек, на которых система сможет сигнализировать о попытке повторного ввода одного и того же кода.

Нам видится, что в таком подходе кроется серьезная ошибка. Причины ее в следующем.

1. На этапе становления системы маркировки на пространстве ЕАЭС, когда в число вышеупомянутых «контрольных точек» не входят, согласно ст.9 Соглашения, оптовые перепродавцы, недобросовестные фирмы их числа смогут массово и беспрепятственно перемещать по стране контрафактные (фальсифицированные) товары со скопированными штриховыми кодами для последующих их нелегальных продаж без чеков через столь же недобросовестных индивидуальных предпринимателей и иных физических лиц (на рынках и интернет-площадках, в социальных сетях и т.п.).

2. Вряд ли окажется эффективным разрабатываемое бесплатное мобильное приложение для смартфонов, должное противодействовать нелегальным розничным продажам. Замысел состоит в том, что перед покупкой товара покупатель сможет просканировать смартфоном его двухмерный штриховой код и оперативно получить от оператора информацию — был ли зарегистрирован код маркировки этого товара в едином реестре средств идентификации ЕАЭС, и если да — то не исключен ли еще этот код из реестра в связи с продажей данного товара. Но смартфоны с дистанционным подключением к интернету пока недостаточно распространены. Да и покупателей со смартфонами обмануть будет нетрудно: организаторы нелегальной розничной торговли могут, к примеру, пустить в продажу контрафактные (фальсифицированные) товары с двухмерными штриховыми кодами, скопированными с одной или нескольких единиц легального товара, который придержат.

3. Национальные системы прослеживаемости товаров и единый реестр средств идентификации ЕАЭС могут на длительные промежутки времени быть выведены из строя вследствие хакерских атак. В эти периоды контрафактные (фальсифицированные) товары со скопированными двухмерными штриховыми кодами будут, в силу невозможности прекращения товарооборота, беспрепятственно реализовываться наряду с легальными товарами.

В предвидении появления указанных и иных возможных теневых схем оборота товаров представляется необходимым уже сегодня предусмотреть защиту от подделки предстоящих к использованию двухмерных штриховых кодов.

На сегодняшний день на территории Российской Федерации маркируются меховые изделия, табачная продукция, обувь, лекарства, фототовары,

шины, парфюмерия, некоторые товары легкой промышленности и молочной продукции.

В Российской Федерации активно идет процесс развития системы маркировки, а например, Киргизия и Армения по экономическим соображениями, а также из-за отсутствия технических возможностей сейчас не готовы к этому. В результате возникает ситуация, когда маркировка внедряется неравномерно.

Правительство Казахстана определило «Казахтелеком» Единим оператором маркировки. Казахстан в рамках интеграционных процессов ЕАЭС ввел обязательную маркировку меховых изделий и табачной продукции, запустил пилотные проекты по маркировке лекарств, алкоголя, обуви и молочной продукции. Однако некоторые производители полагают, что могут возникнуть проблемы. Возможна полная остановка производства в случае технической неисправности или в результате пропажи сигнала, когда интернет, например, не работает. Время получения ответа от оператора — от пяти до 10 дней. То есть это режим простоя, в котором производители будут вынуждены находиться», — добавила представитель ассоциации. Более того, существует проблема с нанесением маркировки, потому что во время транспортировки упаковка товара может замяться или краска кода может стереться. Скорость и качество пилотов зависит от уровня автоматизации производственных линий и предприятия в целом. Например, в Казахстане табачная индустрия может служить неким эталоном автоматизации предприятий, но о других так сказать нельзя. Особенно средних и малых.

В Узбекистане уже запущена обязательная маркировка пива, алкогольной и табачной продукции. В пилотном режиме действует маркировка лекарств и медицинских изделий, бытовой техники, воды и безалкогольных напитков.

В Республике Беларусь накоплен значительный опыт в области маркировки товаров. Применяемые для маркировки более чем двух десятков товарных групп контрольные (идентификационные) знаки защищены продуктом голографических нанотехнологий «ноу хау» — **кристаллограммой** (голограммой, дополнительно содержащей скрытое поляризационное изображение) [1–4]. Авторами патента на этот уникальный продукт, не имеющий аналогов на постсоветском пространстве, являются белорусские предприятия: закрытое акционерное общество «Голографическая индустрия», Республиканское научно-техническое предприятие «Криптотех» Комитета государственных знаков при Министерстве финансов Республики Беларусь, Государственное научное учреждение институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси и др. Контрольные (идентификационные) знаки с кристаллограммами производятся РУП «Минская печатная фабрика» Гознака по лицензионному соглашению с белорусскими правообладателями. Производство и последующее использование таких контрольных (идентификационных) знаков осуществляется в режиме, предусмотренном для бланков строгой отчетности.

Кристаллограммы могут сразу впрессовываться национальным оператором в этикетки с двухмерными штриховыми кодами, изготавливаемые по заказам участников оборота маркируемых товаров, либо реализовываться этим участникам в подотчет для самостоятельного наклеивания ими кристаллограмм на такие этикетки, товары либо их упаковку.

В отличие от достаточно широко распространенных обычных голографических наклеек, которые подделываются, например, в Польше или в Китае, подделка и копирование кристаллограммы практически невозможна. Визуально ее подлинность (наличие скрытого поляризационного изображения) сразу определяется при наблюдении кристаллограммы через дешевый и доступный к приобретению поляризатор. По официальным данным не было выявлено ни одного случая подделки кристаллограмм.

В связи со всем вышеизложенным нам обоснованно представляется, что дополнение кристаллограммами двухмерных штриховых кодов в корне пресечет оптовые перепродажи контрафактных (фальсифицированных) товаров, их нелегальные розничные продажи и обеспечит поддержание легального товарооборота на периоды выхода из строя национальных систем прослеживаемости товаров либо единого реестра средств идентификации ЕАЭС в результате хакерских атак.

С экономической точки зрения дополнение двухмерных штриховых кодов кристаллограммами незначительно (по нашим предварительным оценкам — на 2–3 белорусских копейки) увеличит стоимость промаркированных товаров, но взамен даст потребителям гарантию их подлинности.

Остается выразить надежду, что белорусский опыт применения защитных кристаллограмм будет оценен и использован в ЕАЭС.

Литература

1. *Танин Л. В., Ероховец В. К.* Голографические защитные элементы: синтез и анализ // тез. докл. Междунар. конф. «Лазерная физика и применения лазеров» Минск: НАН Беларуси, Ин-т физики, 2003. С. II -17у.
2. *Танин Л. В., Моисеенко П. В., Маникало В. В., Бобореко А. Г., Лущиков М. Н., Горчарук А. И., Короленко А. А., Толстик А. Л., Василенок Г. Д., Казак Н. С., Кабанов В. В., Белый В. Н., Смирнов А. Г., Кислухин С. В., Корочкин Л. С., Гореленко А. Я., Николайчик О. К., Макаревич Н. Е., Шевцов В. А.* Идентификатор голографического штрих-кода. Патент. 5639 Респ. Беларусь: МПК G02B27/10, G09F3/02. 30.10.2009.
3. *Танин Л. В., Моисеенко П. В., Гинак С. Н., Короленко А. А.* Защитная метка. Полезная модель 4000 Респ. Беларусь: МПК G09F3/00, G02B5/32. 30.10.2007.
4. Голографические методы записи и средства идентификации комбинированных объемных и плоских изображений / Л. В. Танин [и др.] // тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф. «Голография в России и за рубежом. Наука и практика». Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. С. 19–20.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО СОЗДАНИЮ ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА БУДУЩЕГО

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES TO CREATE AN UNDERGROUND MINE OF THE FUTURE.

Битимбаев М. Ж.

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан (НИА РК),
г. Алматы
mbitimbayev@mail.ru*

Bitimbayev M.

National engineering academy of Republic of Kazakhstan (NEA RK), Almaty

Аннотация. Подземная разработка месторождений становится все более затратной и технологически неуправляемой, нуждаясь в программном преобразовании, оно должно вне зависимости от многообразия горногеологических и горнотехнических условий обеспечить достижение совокупной эффективности технико-экономических показателей, безопасности и экологической чистоты. В статье кратко описаны эти направления, которые частично реализованы на производстве.

Abstract. Underground mining of deposits is becoming more and more costly and technologically uncontrollable, in need of software transformation, it should, regardless of the variety of mining and geological and mining technical conditions, ensure the achievement of the overall efficiency of technical and economic indicators, safety and ecological cleanness. The article briefly describes these areas, which are partially implemented in production.

Ключевые слова: подземный рудник будущего; направления преобразования; техническое оснащение; управление параметрами буровзрывных работ; способы разработки и развития горных работ; системы разработки; циклично-поточный транспорт; электрохимическое и кучное выщелачивание; сепарация; совокупная эффективность; управляемое недропользование.

Keywords: underground mine of the future; directions of transformation; technique; control of parameters of drilling and blasting operations; mining and development methods of mining operations; mining systems; cyclical-and-continuous transport; electrochemical and heap leaching; separation; cumulative efficiency; managed subsoil use.

Подземная разработка месторождений полезных ископаемых имеет свои особенности, которые стали причиной создания в многолетней истории горного дела многочисленных вариантов организации производственных про-

цессов по вскрытию, подготовке и очистной выемке полезного ископаемого со многими привходящими вспомогательными работами.

В статье приведено краткое описание некоторых научно-исследовательских работ и опытно-промышленных испытаний и частичного внедрения в промышленных масштабах, выполненных в соответствии с программой преобразования подземных горных работ:

- по шпуровой и скважинной отбойке совместно с компаниями Sandvik (Финляндия), Epiroc (Швеция), Махам (Республика Казахстан), Азот-Взрыв (РФ), Остин детонатор (Чехия), Orica-Казахстан, используя теоретические исследования и программное обеспечение, разработанное компанией Sandvik (Tamrock) и акад. НАН РК Ракишевым Б. Р. [1, 2, 3, 4, 5];
- выбор способов разработки (открытый, подземный, комбинированный), способов развития подземных горных работ (традиционный нисходящий «сверху вниз» и инновационный восходящий «снизу вверх»), систем разработки со стандартным единообразием конструкций для всего многообразия горногеологических и горнотехнических условий [6];
- переход на одном из этапов технологических операций подземных рудников из цикличного вида транспорта на циклично-поточный и/или поточный [7];
- создание алгоритма расчета показателя универсальной оптимизированной совокупной эффективности, используя разработки компаний Sandvik (Tamrock), Orica (Австралия) и Hatch (Канада) [8].

Основными требованиями к конечным результатам, которые должны в суммированном виде выражать совокупную эффективность добычи и первичной переработки минерального сырья в виде полученных концентратов, являются следующие показатели:

1. минимальные потери и разубоживание, вплоть до полного их исключения;
2. максимально возможная производительность труда на человекосмену при обычных технологиях и на машиносмену по отдельным технологическим операциям и суммарно на рабочую смену при цифровизированных технологиях;
3. максимальная мощность по добыче и переработке работающей производственной единицы при условии выполнения п.п. 1 и 2;
4. минимальная суммарная себестоимость по производству конечной продукции в концентрате;
5. безаварийная и безопасная работа на всех технологических процессах;
6. гарантированная управляемость создаваемым очистным пространством, обеспечивающая отсутствие опасности как последствий нарушения природного равновесия массива горных пород.

1) При подземной разработке горные работы в целом по месторождению и в его отдельных частях, разделенных по высоте, могут вестись «сверху вниз» и «снизу вверх».

Предлагаемая технологическая схема «снизу вверх» позволяет избежать недостатков традиционного способа «сверху вниз», так как:

- резко уменьшается объем горных работ по выемке пустой породы;
- снижаются и доводятся до минимума потери и разубоживание, потому что при развитии добычи «снизу вверх» нет нужды обнажать над головой выработанное пространство, которое при предлагаемой технологии остается внизу под ногами, заполненное пустой породой и твердеющими смесями;
- увеличивается производительность труда за счет непрерывности использования самоходной и иной техники, снижается себестоимость добычи;
- появляется возможность увеличения производственных мощностей из-за увеличения пропускной способности транспортных магистралей по причине уменьшения объемов транспортируемой пустой породы и исключения их занятости строительными работами;
- появляется возможность в рамках комбинированного способа разработки, особенно при вскрытии штольней и отработке нагорным карьером, добывать параллельно открытым и подземным способом, в т.ч. со сплошной закладкой с минимальным расходом цемента.
- производится добыча руды с детальной эксплуатационной разведкой уже при вскрытии транспортными уклонами сверху вниз, которое получило массовое применение с появлением самоходной дизельной техники. Традиционно в настоящее время уклоны прокладываются в породах лежащего бока, потому что очистная выемка идет «сверху вниз» и необходимо сохранить уклон на весь срок существования. При очистной выемке «снизу вверх» состояние уклонов не зависит от напряжений в массиве, создаваемых добычей руды, сам уклон не является помехой для организации работ по добыче, так как он постепенно погашается. Вскрытие по рудному телу дает возможность также сократить объемы горнокапитальных работ за счет уменьшения глубины вскрывающих стволов и протяженности вскрывающих квершлагов.

Возможная схема организации горных работ приведена на рис. 1.

2) Улучшение технико-экономических показателей использования минерально-сырьевых ресурсов возможно, если отработать часть месторождения, используя преимущества двух основных способов — открытого и подземного, устраняя при этом недостатки этих способов. Достижению успешной реализации комбинированного способа способствует предварительная систематизация и классификация способов комбинированной разработки месторождений.

Для безопасного, производительного и экономически эффективного применения технологии комбинированной разработки следовало определить параметры и технологию выбора и отработки яруса между ОГР и ПГР.

Исходя из вышесказанного, установлены основные признаки классификации способов комбинированной разработки месторождений по порядку их отбора:

1. Расположение запасов комбинированной разработки по отношению к карьерным запасам;
2. Вскрытие запасов, включенных в комбинированную разработку;
3. Технологическая схема подготовки и отработки запасов, включенных в комбинированную разработку.

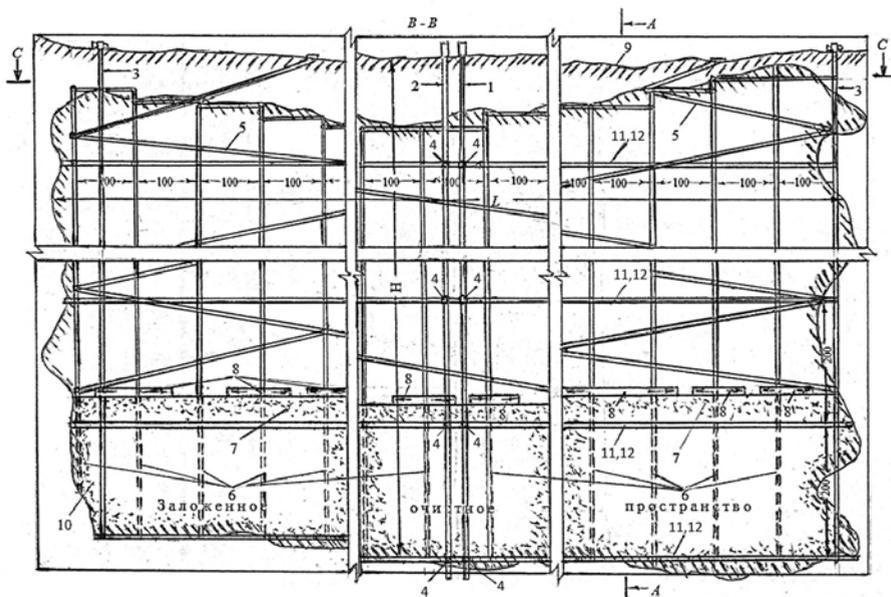


Рис. 1. Подземная отработка способом «снизу вверх»

При этом мы называем «ярусом» запасы между ОГР и ПГР как одного единого рудного тела, являющихся продолжением друг друга, «вне яруса» — запасы вне ОГР и ПГР, т.е. не являющихся продолжением друг друга.

Нами создана классификация способов комбинированной разработки, основанная на выбранных критериях, которые содержат в себе общие признаки в соответствии с градацией их очередности по степени важности.

3) Для организации управляемой поточной технологии добычи была поставлена задача, объединившая решения по достижению следующих основных требований:

- обеспечение поточности погрузки и доставки руды из очистной выемки независимо от буровзрывных работ в районе действия одного погрузочно-доставочного комплекса, чему способствовало создание нами понятия «сдвоенного блока» как при шпуровой, так и при скважинной отбойке. В нем отбойка и погрузка-доставка производятся попеременно из двух соседних блоков с доступом в него из одного

материально-ходового восстающего (МХВ). Поточность добычи обеспечивается в зависимости от горногеологических условий отбойкой телескопными шпурами или веерами скважин, пробуренных субперпендикулярно плоскости падения рудного тела из восстающих, пройденных по рудному телу с применением механизированных монорельсовых комплексов, в кабине которых после проходки устанавливается перфоратор, распираемый в борта восстающего;

- создание условий управляемости как регулированием объемов отбиваемой руды, так и состоянием очистного пространства наличием руды в магазине, которая готова к выемке и одновременно подпирает вмещающие породы, обеспечивает их распор и возможность их крепления анкерами и тросами.

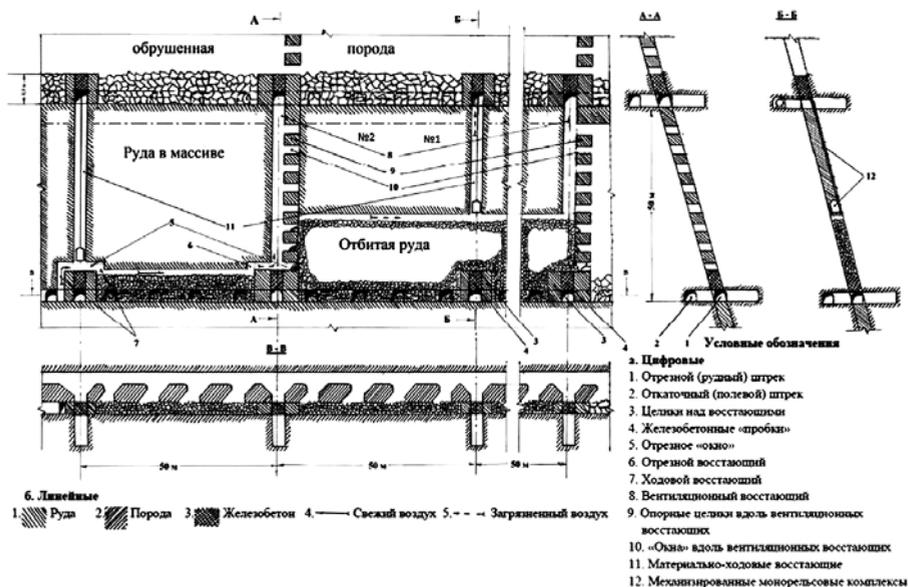


Рис. 2. Система разработки с магазинированием руды со шпуровой отбойкой восходящими шпурами из «сдвоенного блока» с МХВ, оборудованным механизированным монорельсовым комплексом

4) Оптимизация суммарной эффективности результатов добычи и обогатительного передела, основанная на зависимости производительности труда, производственной мощности, извлечения полезных компонентов, себестоимости производимой продукции от параметров буровзрывных работ и от оптимизации затрат на первичное (крупное) дробление перед обогатительным переделом.

Ключевым параметром взрывных работ является определение и достижение кондиционного размера с выходом не менее 85–90% и равномерности гранулометрического состава.

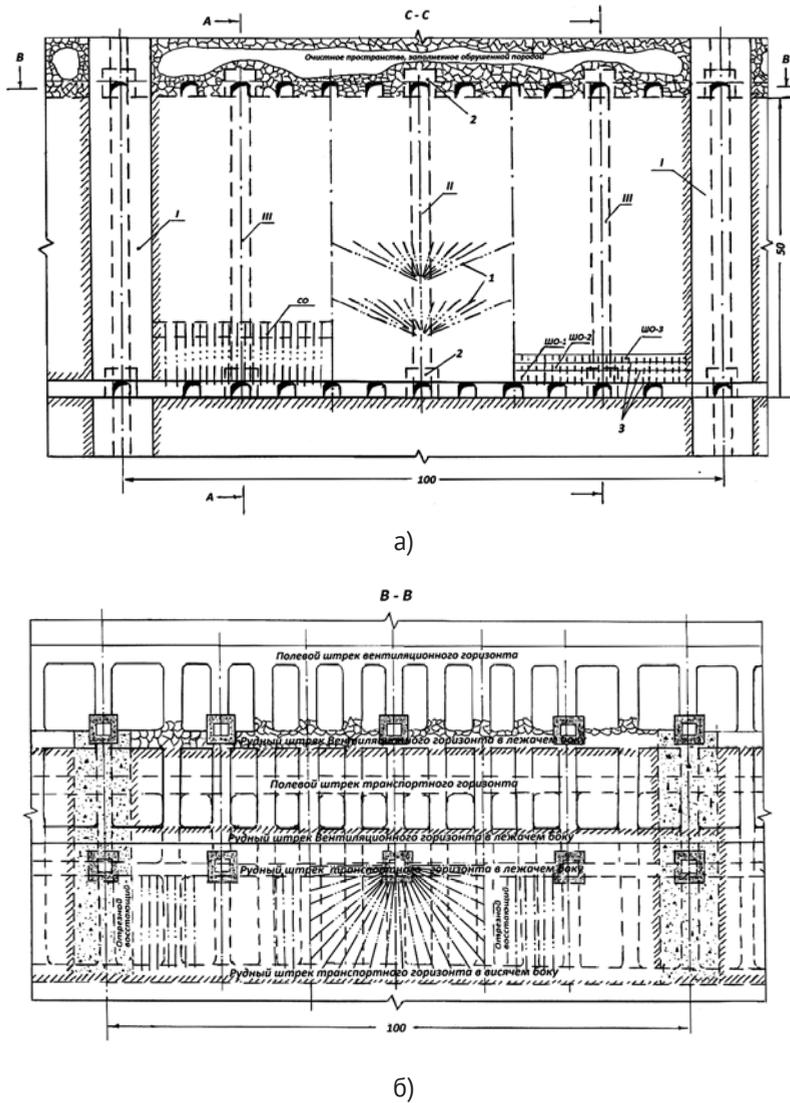


Рис. 3. Система разработки этажной выемкой с отбойкой наклонными веерами скважин из кабины механизированных монорельсовых комплексов (половина «сдвоенного блока»)

I, II, III – очередность очистной выемки
 ШО-1, 2, 3... – шпуровая отбойка отрезной щели

СО – скважинная отбойка отрезной щели

— · · — скважины

1 – веера скважин

2 – железобетонные пробки

3 – телескопные шпур

///// границы руды в блоке.

Исследования процессов дробления и измельчения, которые являются самыми энергозатратными как на обогатительном переделе, так и суммарно при добыче и переработке. Показано, что затраты на дробление и измельчение составляют в среднем 67%, на погрузку и транспорт 23%, БВР 5% и контроль качества руды 5%. При этом энергозатраты распределялись, соответственно, следующим образом: дробление и измельчение 53%, погрузка и транспорт 35%, контроль качества руды 10% и БВР 2%. Особо значимо выглядит влияние равномерности гранулометрического состава, т.к. переизмельчение увеличивает холостой пробег дробильного оборудования [8].

В заключение следует отметить, что значительная часть приведенных технологических решений вышли из скорлупы теоретических изысканий, аналитических выводов и опытно-промышленной стадии исследований, получив жизненное пространство на подземных рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс».

Учитывая наличие 8 месторождений с различными горногеологическими и горнотехническими условиями, которые были вовлечены в реализацию программы организационно-технологического преобразования, по каждому месторождению был определен перечень технологических операций и направлений, которые нуждались в пересмотре и улучшении технико-экономических показателей.

Созданы и внедрены в промышленных масштабах два блока новых технологий буровзрывных работ и циклично-поточной технологии погрузки — доставки — транспорта. Работы были реализованы в 2014—2018 гг. Технико-экономические и финансовые результаты были официально приняты руководством Корпорации в качестве рабочего документа. В результате внедрения новых технологий буровзрывных работ на рудниках Восточно-Жезказганский, Южно-Жезказганский и Западный Жезказганского месторождения, Жиланды, Жомарт и Нурказган; новой циклично-поточной технологии на рудниках Нурказган и Жомарт, на шахтах Анненская и № 67 Жезказганского месторождения и на шахте Восточная Сары-Оба рудника Жиланды:

- производительность труда бурильщика в связи с переходом на новые специально подобранные высокопроизводительные буровые установки (каретки и станки) возросла на 25%;
- капитальные затраты на приобретение новых буровых кареток и станков уменьшены на 27—28%, сокращено количество бурильщиков и ремонтного персонала;
- удельный расход взрывчатых веществ снижен в среднем на 5—6% и одновременно выход горной массы с одного погонного метра шпуров в результате взрыва увеличен также на 5—6%;
- выход фракций размером до 300—400 мм составил более 85%;

- коэффициент технической готовности (КТГ) и коэффициент использования оборудования (КИО) на буровзрывных работах и на транспорте были увеличены на 12–13%;
- доля циклично-поточной технологии в общем объеме добычи 30 млн тонн руды в год достигла 50%.

Учтенный в плановых показателях за это время экономический эффект составил 40,7 млн долл. США, производительность труда на подземных горных работах с 2010 г. по 2020 г. выросла в 2,17 раз. Заработная плата горнорабочих за этот период возросла на отдельных рудниках от 13,3% до 62,8%.

Список литературы

1. *Битимбаев М. Ж., Шапошник Ю. Н., Крупник Л. А.* Взрывное дело. Алматы: ТОО «Print-S», 2012. 822 с.
2. Инновационные решения настоящего и будущего. Каталог оборудования 2019/2020 Sandvik Mining and Rock technology. Тампере, 2019. 325 с.
3. Оборудование для подземных горных работ. Нур-Султан: ТОО «Эпирок Центральная Азия», 2019. 36 с.
4. *Ракишев Б. Р., Битимбаев М. Ж., Минугулов А. М.* Новые технологии буровзрывных работ на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс»: монография. Алматы: «Жибек жолы» ИД, 2020. 380 с.
5. Underground drilling and blasting handbook. Tampere, Finland: Tamrock Corp., 1997. 264 p.
6. *Битимбаев М. Ж.* Технологическое обеспечение эффективного и комплексного развития добычи и обогатительного передела полезных ископаемых в XXI веке (проблемы, перспективы, приоритеты): монография. Алматы: Изд-во Print House Gerona, 2020. 160 с.
7. *Ракишев Б. Р., Битимбаев М. Ж., Минугулов А. М.* Циклично-поточная технология на подземных рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс»: монография. Алматы: «Жибек жолы» ИД, 2020. 360 с.
8. *Уолтер Валери, И. Елькин.* Оптимизация от рудника до фабрики. Санкт-Петербург: Hatch, 2018. 10 с.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИИ И УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОЗДАННОЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

I. Emri, B. von Bernstorff, R. Simonyants, and B. V. Gussev

Международная инженерная академия, Москва

ie@emri.si, rps@bmstu.ru, info-rae@mail.ru

Резюме. Рассматриваются принципиальные особенности системы виброударной защиты, основанной на запатентованной технологии диссипативной грануляции полимерного материала под высоким давлением. Установлено, что при надлежащем выборе параметров материала и давления, могут быть созданы системы защиты от вибрации и ударных воздействий в наперёд заданных диапазонах частот и скоростей изменения силового воздействия, в которых свойства полимерного материала демпфировать и поглощать энергию возбуждения реализуются максимально полно. Используя этот уникальный потенциал, можно создавать демпфирующие элементы, превосходящие на несколько порядков существующие. Такие демпфирующие элементы найдут широкое применение, например, в опорах промышленных машин и в фундаментах строительных конструкций; снизят риски возникновения резонанса при землетрясениях; уменьшат вибрации поездов и железнодорожных путей; повысят эффективность средств обеспечения безопасности автотранспорта. Дан обзор феноменологического описания процессов зависящего от времени отклика полимерного материала на возбуждение ударной или вибрационной нагрузкой, что необходимо при разработке нового поколения средств защиты.

Ключевые слова: эффект давления, вязкая упругость, диссипативные сыпучие материалы, демпфирующие элементы, термопластичный полиуретан, сейсмостойкость и изоляция железных дорог, пассивная безопасность транспорта.

1.0. Введение

Средства демпфирования гармонических возбуждений хорошо изучены и разработаны, в то время как защита от ударных и негармонических возбуждений все еще является предметом интенсивных исследований и разработок. Актуальность создания такой защиты обусловлена проблемами, возникающими, например, при столкновении транспортных средств, при возбуждении фундаментов сооружений движением высокоскоростных поездов, работой кузнечных машин, землетрясениями.

Наиболее перспективные решения связаны с применением вязкоупругих демпферов. Недостаток их обусловлен тем, что для требуемой геометрии элементов, изготовленных из материалов с достаточными демпфирующими свойствами, они обладают недостаточной жесткостью и наоборот. На рис. 1 дано схематическое сравнение параметров жесткости и демпфирования цилиндрических элементов, изготовленных из современных материалов. Как следует из рис. 1, параметры жесткости существующих материалов могут отличаться более чем в 107 раз, а демпфирования — более чем в 108.

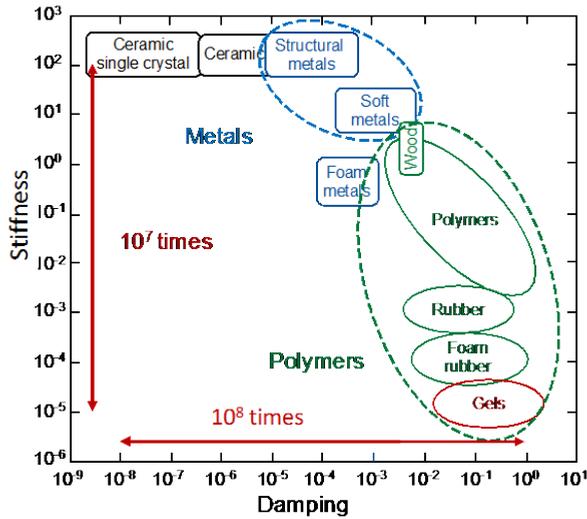


Рис. 1. Схема сравнения параметров жесткости и демпфирования цилиндрических элементов, изготовленных из современных материалов (заимствовано из разных источников и модифицировано)

Для типичных технических полимеров, которые используются в демпфирующих устройствах, эти различия схематически показаны на рис. 2. В рассматриваемом случае параметры демпфирования и жесткости отличаются более чем в 1000 раз.

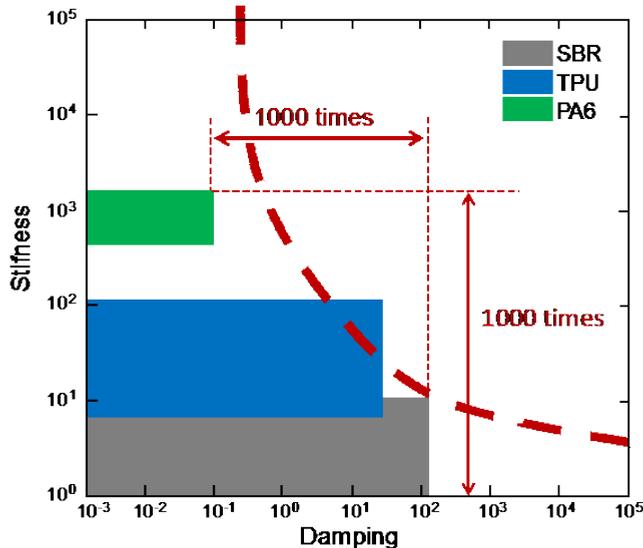


Рис. 2. Сравнение параметров демпфирования и жесткости демпфера, изготовленного из типичных технических полимеров (заимствовано из разных источников и модифицировано).

Из анализа диаграмм следует актуальность инженерной проблемы, связанной с преодолением недостаточной жесткости существующих материалов, обладающих желаемыми свойствами поглощения энергии и демпфирования. За минувшие годы было разработано множество различных инженерных решений в различных приложениях, но возлагаемых на них ожиданий пока они не оправдали. Однако на актуальный вопрос: «возможно ли обеспечить увеличение жесткости выбранного материала при сохранении желаемых свойств демпфирования и наоборот?» мы твердо даём положительный ответ.

Рассмотрим концепцию решения проблемы, основанную на технологии диссипативной грануляции полимерного материала под высоким давлением [1, 2]. Было обнаружено, что надлежащим выбором демпфирующего материала и статического давления, которым материал подвергается, можно оптимально согласовать его максимальные демпфирующие свойства с частотой или со скоростью приложенной нагрузки. Так можно максимально полно реализовать демпфирующие характеристики выбранного материала и максимизировать его параметры поглощения энергии.

Использование этого уникального свойства полимерных материалов позволило нам создать совершенные адаптивные демпфирующие элементы. Для этого мы использовали запатентованное изобретение [1], согласно которому вязкоупругие гранулированные материалы с правильно подобранным мульти-модальным распределением по размерам частиц ведут себя, подобно текучей среде, сохраняя при этом объемное свойство того тела, из которого был изготовлен гранулированный материал. Следовательно, такой материал можно использовать в качестве «нагнетательной среды», чтобы создать собственное гидростатическое давление и, следовательно, изменить демпфирующие свойства.

Изобретение основано на исследованиях, накопленных за многие годы изучения характеристик зависящих от времени полимерных материалов и математического моделирования их поведения. Полученные знания о влиянии собственного гидростатического давления на поведение зависящих от времени полимеров и о влиянии частоты возбуждения, позволяют создавать системы защиты от ударов и негармонических воздействий в различных областях применения, превосходящие по эффективности существующие системы на несколько порядков.

Чтобы объяснить концептуальную сущность изобретения, необходимо раскрыть основные характеристики зависящего от времени материала, их функциональную связь с термомеханическими граничными условиями. В частности, необходимо установить взаимосвязанные эффекты влияния температуры и гидростатического давления на поведение материала.

2.0. Теоретические основы

В отличие от таких материалов, как, например, металлы и керамика, полимеры демонстрируют поведение, зависящее от времени, то есть они претерпевают зависящие от времени изменения формы или напряжения под действием внешнего напряжения или деформации. На рис. 3 схематически

сравниваются отклики (деформации) упругих материалов с вязкоупругими материалами при приложении постоянной нагрузки (напряжения).

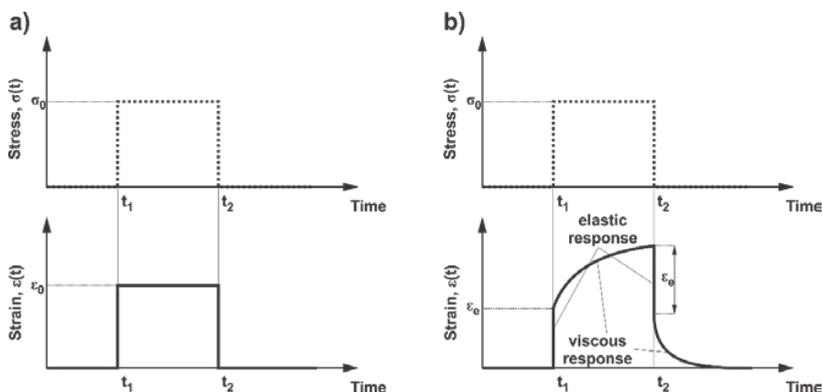


Рис. 3. Отклики (деформации) а) упругих и б) вязкоупругих материалов при приложении постоянного напряжения.

Поскольку состояние полимера зависит от времени, после того, как он подвергнется внешней нагрузке, возникает два процесса [3, 4]: ползучести и релаксации. Они различаются по типу внешней нагрузки. С термодинамической точки зрения во время релаксации материал «нагружается» постоянно уменьшающимся количеством энергии. Когда вся приложенная энергия израсходуется на молекулярные перестройки, процесс релаксации прекращается. С другой стороны, в процессе ползучести к материалу непрерывно поступает энергия, используемая для перестройки молекул. Поэтому процесс ползучести останавливается при достижении равновесной деформации материала.

Процесс ползучести

Процесс ползучести описывает зависящую от времени реакцию вязкоупругого материала в виде деформации $\varepsilon(t)$, когда он подвергается постоянной внешней нагрузке в виде напряжения σ_0 [3, 4]. Общее соотношение для процесса одноосной ползучести

$$\varepsilon(t) = \int_0^t D(t-u) \frac{\partial \sigma(u)}{\partial u} du, \quad (1)$$

в случае, когда приложенное напряжение имеет вид ступенчатой функции $\sigma(u) = \sigma_0 h(u)$, упрощается:

$$\varepsilon(t) = \int_0^t D(t-u) \frac{\partial [\sigma_0 h(u)]}{\partial u} du = \sigma_0 \int_0^t D(t-u) \delta(u) du = \sigma_0 D(t), \quad (2)$$

где — σ_0 величина приложенного напряжения; $h(u)$ — функция Хевисайда (ступенчатая функция); $\delta(u)$ — функция Дирака (импульсная функция); u — переменная интегрирования; $D(t)$ — зависящая от времени характеристика вязкоупругого материала — податливость при одноосной ползучести

$$D(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma_0}. \quad (3)$$

Процесс релаксации

Процесс релаксации описывается зависящей от времени реакцией вязкоупругого материала в виде уменьшающегося напряжения $\sigma(t)$ в то время, когда он подвергается постоянной деформации ε_0 , [3, 4]. Общее соотношение для процесса одноосной релаксации

$$\sigma(t) = \int_0^t E(t-u) \frac{\partial \varepsilon(u)}{\partial u} du, \quad (4)$$

если приложенная деформация имеет вид ступенчатой функции $\varepsilon(u) = \varepsilon_0 h(u)$, упрощается:

$$\sigma(t) = \int_0^t E(t-u) \frac{\partial [\varepsilon_0 h(u)]}{\partial u} du = \varepsilon_0 \int_0^t E(t-u) \delta(u) du = \varepsilon_0 E(t), \quad (5)$$

где функция $E(t)$, называемая модулем одноосной релаксации, имеет вид

$$E(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon_0}. \quad (1)$$

Заметим, что податливость при одноосной ползучести и модуль релаксации не являются обратными величинами, $E(t) \neq 1 / D(t)$, за исключением предельных значений. Две функции отклика материала, податливость и модуль релаксации, выражаются через интегральную взаимосвязь свертки

$$\int_0^t E(t)D(t-u)du = t, \quad (1)$$

что математически является обратной задачей и требует применения специальных численных методов.

Функции одноосной ползучести и релаксации для различных типов полимеров схематически показаны на рис. 4, где индексами «g» и «e» обозначены *упругое* и *равновесное* значения отклика соответственно, что характерно для эластомера, терморезистивных пластмасс и частично для полукристаллических полимеров. Аморфные полимеры не имеют равновесных значений, поскольку их молекулярная структура позволяет им ползти до их механического разрушения или релаксировать, пока процесс молекулярной перестройки не завершится.

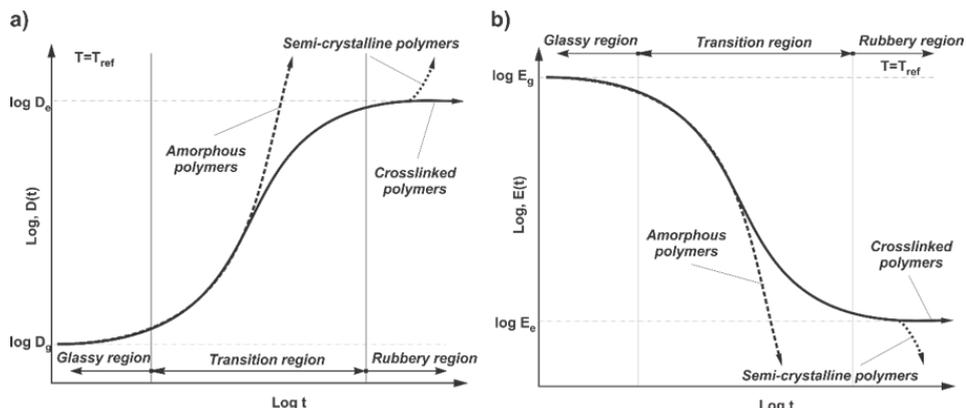


Рис. 4. а) ползучесть и б) релаксационное поведение для различных типов полимеров

Функции материалов и основное описание материалов, зависящих от времени

Механические свойства материала, зависящие от времени, зависят также от скорости и частоты. Вязкоупругое поведение твердого полимера определяется 21 функциями материала, перечисленными в таблице 1 [3, 4]. Они различаются по типу и режиму приложения нагрузки. Семь из них получены в статическом режиме, а остальные 14 — в динамическом режиме. Важно подчеркнуть, что коэффициент Пуассона необходимо определять из экспериментов по релаксации, а не из экспериментов по ползучести, в которых деформации меняются со временем.

Таблица 1

Зависящие от времени функции материала

Режим приложения нагрузки		Тип нагрузки		Одноосная	Сдвиг	Масса	Коэффициент Пуассона
Статический	Relaxation			$E(t)$	$G(t)$	$K(t)$	$\nu(t)$
	Creep			$D(t)$	$J(t)$	$B(t)$	
Динамический	Relaxation	В фазе		$E'(\omega)$	$G'(\omega)$	$K'(\omega)$	$\nu'(\omega)$
		Не в фазе		$E''(\omega)$	$G''(\omega)$	$K''(\omega)$	$\nu''(\omega)$
	Creep	В фазе		$D'(\omega)$	$j'(\omega)$	$B'(\omega)$	
		Не в фазе		$D''(\omega)$	$J''(\omega)$	$B''(\omega)$	

В рамках линейной теории вязкой упругости функции материала взаимосвязаны в пространстве Лапласа. Следовательно, достаточно определить только две функции, чтобы вычислить остальные 19 функций [3]. К сожалению, процедуры взаимного преобразования должны выполняться численно. В таблице 2 представлены соотношения связи между функциями в пространстве Лапласа.

**Соотношения связи между функциями материала
в пространстве Лапласа**

Функция материала	Соотношения связи между функциями					
	Г и Е	Г и ϑ	Е и ϑ	К и Е	К и ϑ	К и Г
К	$\frac{G(s)E(s)}{9G(s) - 3E(s)}$	$\frac{2G(s)(1 + \vartheta(s))}{3(1 - 2\vartheta(s))}$	$\frac{G(s)E(s)}{9G(s) - 3E(s)}$	—	—	—
Г	—	—	$\frac{E(s)}{2(1 + \vartheta(s))}$	$\frac{3K(s)E(s)}{9K(s) - E(s)}$	$\frac{3K(s)(1 - 2\vartheta(s))}{2(1 + \vartheta(s))}$	—
Е	—	$2G(s)(1 + \vartheta(s))$	—	—	$3K(s)(1 - 2\vartheta(s))$	$\frac{9K(s)G(s)}{3K(s) + G(s)}$
ϑ	$\frac{E(s)}{2G(s)} - 1$	—	—	$\frac{1}{2} - \frac{E(s)}{6K(s)}$	—	$\frac{3K(s) - 2G(s)}{6K(s) + 2G(s)}$

	Ж и D	Ж и ϑ	D и ϑ	В и D	В и ϑ	В и Ж
В	$\frac{9D(s)}{-3J(s)}$	$\frac{3J(s)(1 - 2\vartheta(s))}{2(1 + \vartheta(s))}$	$\frac{3D(s)(1 - 2\vartheta(s))}{-2\vartheta(s)}$	—	—	—
Ж	—	—	$\frac{2D(s)(1 + \vartheta(s))}{+ \vartheta(s)}$	$3D(s) - \frac{B(s)}{3}$	$\frac{3B(s)(1 + 2\vartheta(s))}{3(1 - 2\vartheta(s))}$	—
D	—	$\frac{J(s)}{2(1 + \vartheta(s))}$	—	—	$\frac{B(s)}{3(1 - 2\vartheta(s))}$	$\frac{B(s)}{9} - \frac{J(s)}{3}$
ϑ	$\frac{J(s)}{2D(s)} - 1$	—	—	$\frac{1}{2} - \frac{B(s)}{6D(s)}$	—	$\frac{3J(s) - 2B(s)}{6J(s) + 2B(s)}$

Из теории упругости известно, что функции сдвига объемного материала обеспечивают полное описание, поскольку поля «напряжение — деформация» для твердых тел в целом, то есть и ε_{ij} , могут быть выражены через сумму девиаторной части, которая относится к изменениям формы материала, и дилатометрической части, которая относится к изменениям его объема. Это справедливо и для зависящего от времени материала, но в интегральной формулировке:

$$\sigma_{ij}(t) = 2 \int_0^t G(t-u) \frac{\partial \varepsilon_{ij}(u)}{\partial u} du + \delta_{ij} \int_0^t K(t-u) \frac{\partial \varepsilon_{kk}(u)}{\partial u} du, \quad (8)$$

$$\varepsilon_{ij}(t) = \frac{1}{2} \int_0^t J(t-u) \frac{\partial \sigma_{ij}(u)}{\partial u} du + \frac{1}{3} \delta_{ij} \int_0^t B(t-u) \frac{\partial \sigma_{kk}(u)}{\partial u} du, \quad (9)$$

где: u — интегральная переменная времени; $G(t)$ и $K(t)$ — модули сдвига и объемной релаксации; $J(t)$ и $B(t)$ — модули сдвига и объемной ползучести соответственно.

Поскольку зависящие от времени изменения объемных параметров невелики (изменения во времени составляют от 2 до 4 раз) по сравнению с изменениями зависящих от времени параметров сдвига, которые могут отличаться на порядки величин (от 100 до 10000 раз) [3–7]. Поэтому для многих инженерных приложений можно считать, что поведение полимеров и изделий из зависящих от времени полимерных материалов в первую очередь определяется функциями сдвига, которые используются для объяснения влияния температуры и давления.

2.1. Влияние температуры

Влияние температуры на поведение зависящих от времени полимеров можно объяснить при помощи концепции свободного объема, которая утверждает, что поведение полимеров, независимо от типа или режима нагружения, определяется исключительно скоростью молекулярных перегруппировок, происходящих внутри материала, тогда как сама скорость зависит от мгновенно доступного свободного объема, позволяющего перегруппировать полимерные цепи.

При увеличении температуры увеличивается степень подвижности и перегруппировки молекул в полимере [5–7]. Микроброуновское тепловое движение увеличивает свободный объем пространства для движения молекул под действием нагрузки, ускоряя процессы ползучести и релаксации. В макромасштабе это явление отображается на логарифмической оси времени горизонтальным смещением функций механических свойств зависящих от времени материалов в область коротких интервалов, как схематично показано на рис. 5.

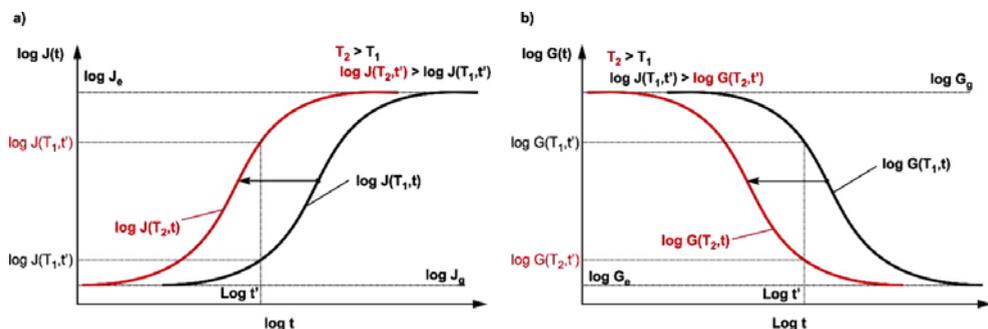


Рис. 5. Влияние температуры на а) податливость и б) модуль релаксации

Как видно, свойства материала в каждый момент времени сильно зависят от температуры материала. В связи с этим, о поведении зависящих от времени полимерных материалов без указания температуры, при которой это поведение наблюдалось, говорить невозможно.

Суперпозиция времени и температуры

За счет повышения температуры процессы ползучести и релаксации в вязкоупругом материале ускоряются. Это явление может быть использовано

для долгосрочного прогнозирования поведения материала при заданных температурах, путем проведения краткосрочных экспериментов, при более высоких температурах. При этом используется принцип суперпозиции, позволяющий расширить шкалу времени за пределы диапазона одного эксперимента.

Суть суперпозиционирования состоит в следующем [6]. Для определённого полимерного материала при некоторой наперёд заданной температуре T_{ref} строится изотермический сегмент измеренной функции, характеризующей механические свойства этого зависящего от времени материала (эталонный сегмент). Для любой иной температуры T генерируем функции вязкоупругого материала, сдвигая эталонный сегмент вдоль логарифмической шкалы времени. Сдвиг генерируемого сегмента относительно опорного сегмента определяется коэффициентом сдвига, а в общем случае — функцией сдвига, как это показано на рис.6.

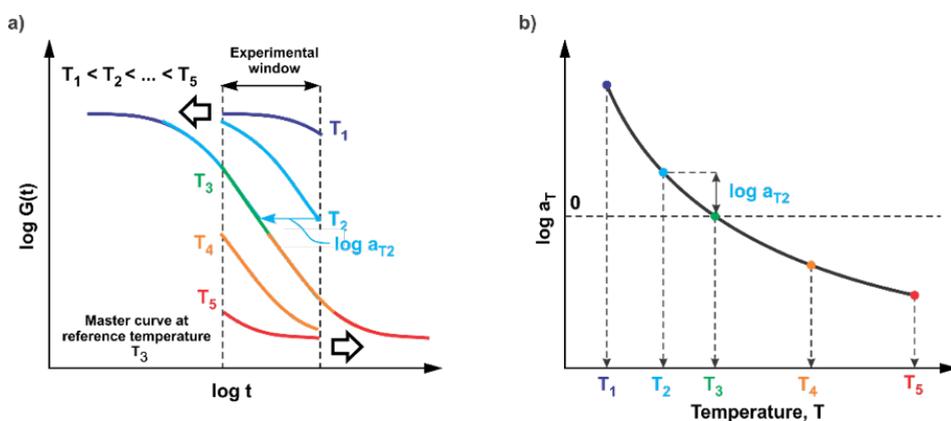


Рис. 6. а) Построение эталонной кривой при $T_{ref} = T_3$ для случая модуля релаксации сдвига и б) представление коэффициентов сдвига как функции температуры

На рис. 6а показаны сегменты кривой, измеренной при различных температурах от T_1 до T_5 , и эталонная кривая для температуры T_3 , полученная при горизонтальном смещении. На рис. 6б показаны соответствующие коэффициенты сдвига как функции температуры. Функцию $\log a_T(T)$ часто называют функцией теплового сдвига.

Согласно современным знаниям, суперпозиция время/температура может применяться к терморологическим простым материалам. В основном — это однофазные или однопереходные гомополимеры и статистические сополимеры. Терморологическая простота требует, чтобы все времена отклика $t_f(T)$, то есть времена релаксации и замедления, в равной степени зависели от температуры, для которой можно выразить функции теплового сдвига [6] как

$$a_T(T) = \frac{t_i(T)}{t_i(T_0)}, \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (10)$$

или в логарифмическом масштабе,

$$\log a_T(T) = \log t_i(T) - \log t_i(T_0), \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (11)$$

где T_0 — эталонная температура; t_i — время отклика.

Существует множество теорий, используемых для моделирования влияния температуры на поведение зависящих от времени полимеров [6]. Наиболее известна модель WLF, предложенная Уильямсом, Ланделем и Ферри в 1955 году [8]:

$$\log a_T(T) = -\frac{(B/2,303f_0)(T - T_0)}{f_0/\alpha_f + T - T_0} = -\frac{c_1^0(T - T_0)}{c_2^0 + T - T_0} = -\frac{c_1^0\Delta T}{c_2^0 + \Delta T}, \quad (12)$$

где, c_1^0 , c_2^0 , и B — константы, характеризующие материал; α_f — относительный свободный объем и соответствующий объемный коэффициент теплового расширения при T_0 .

Сдвиг — «самый слабый шаг» процедуры суперпозиции время/температура и время/давление. Проблему трудоёмкости переключения «вручную», недавно удалось решить нашей команде [10]. Разработана математическая методология выполнения суперпозиционирования время/температура и/или давление/время, называемая CFS-алгоритм, полностью устраняющая проблемы, связанные с процедурой «ручного» переключения. Методология CFS недавно стала новым стандартом ISO 18437–6: 2017¹.

Предлагаемая математическая формулировка процедуры сдвига учитывает, что материальные функции, измеренные при двух разных температурах, представляют поведение материала в двух различных термодинамических состояниях, которые отличаются соответствующей свободной энергией Гиббса [11] на величину

$$\Delta W = \int_{T_0}^{T_k} SdT, \quad (13)$$

где W — свободная энергия Гиббса; S — энтропия материала; T_0 и T_k — значения температуры для двух выбранных равновесных термодинамических состояний, в которых были измерены соответствующие сегменты функции материала. Скорость, с которой механическая энергия поглощается на единицу объема вязкоупругого материала при заданном значении T_k , равна *мощности напряжения*, то есть скорости, с которой выполняется работа. Мощность напряжения в момент времени определяется как

¹ (<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18437:-6:ed-1:v1:en>)

$$W(t, T_k)dt = \sigma(t, T_k) \frac{d\varepsilon(t)}{dt}. \quad (14)$$

Поглощенная механическая энергия вызывает структурные (молекулярные) перестройки материала в процессе релаксации или ползучести. Таким образом, любые два сегмента функции материала, измеренные в эталонном состоянии T_0 , и любое другое выбранное состояние T_k , которые необходимо наложить (сдвинуть) в эталонную кривую, должны иметь одинаковую скорость высвобождения энергии во всех точках интервала наложения. Этот критерий можно выразить в виде

$$\left. \frac{dW(t, T_0)}{d \log t} \right|_{t=t_i} = \left. \frac{dW(t, T_k)}{d \log t} \right|_{t=t_k}. \quad (15)$$

Уравнение (15) выполняется, когда площадь перекрытия H между двумя сегментами равна нулю, как показано на рис. 7.

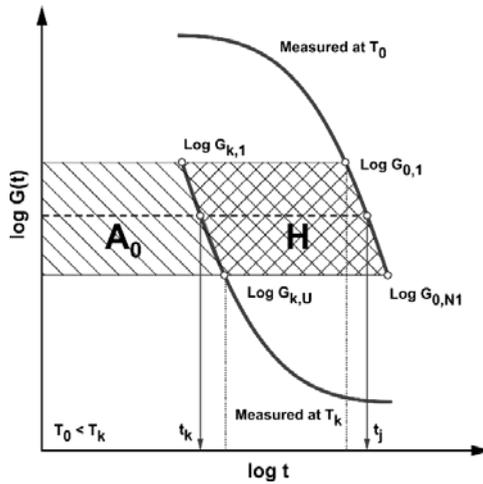


Рис. 7. Схема процедуры CFS для примера модуля релаксации сдвига.

Это приводит к уравнению в замкнутой форме для коэффициента сдвига

$$\log a_{T_k} = \frac{\sum_{i=1}^{U-1} \left[\frac{\log t_{k,i+1} + \log t_{k,i}}{2} \cdot (\log G_{k,i+1} - \log G_{k,i}) \right] - A_0}{\log G_{0,N_1} - \log G_{0,1}}, \quad (16)$$

где $A_0 = \sum_{i=1}^{N_1-1} \frac{\log t_{0,i} + \log t_{0,i+1}}{2} \cdot (\log G_{0,i+1} - \log G_{0,i})$. (17)

(Подробнее см. Gergesova и др. [10] и новый стандарт ISO 18437–6: 2017).

2.2. Влияние давления

Гидростатическое давление можно представить как нагрузку в виде трехмерного напряжения. Давление влияет на характеристики полимеров, как в твердом, так и в расплавленном состоянии. Когда полимерный материал находится под давлением и одновременно подвергается внешнему возбуждению деформацией или напряжением, ограничивается локальное движение молекул, их движение друг относительно друга. Как следствие — замедляются процессы ползучести и релаксации.

Влияние давления на процесс ползучести и релаксации представлено на рис. 8. Более высокое давление, $p_2 > p_1$, сдвигает характеристику материала в область более длительных интервалов, указывая на то, что прикладываемое давление одинаково влияет на все молекулярные процессы. Следовательно, повышенное давление не изменяет форму кривых функции отклика, а перемещает их параллельно по логарифмической шкале времени.

Предположим, что заштрихованные области на рис. 8 соответствуют требованиям по сроку службы материала. Учитывая, что увеличение давления сдвигает функции отклика при ползучести и релаксации на более длительный интервал времени, можно сделать вывод, что, подвергая материал достаточно высокому давлению, его свойства как упругого тела могут обеспечить продление срока службы продукта.

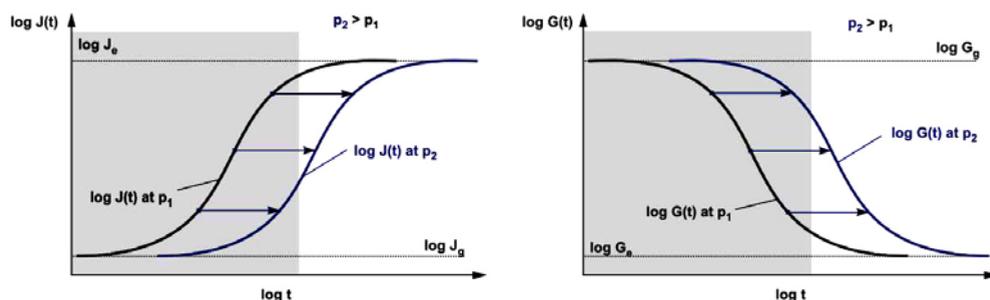


Рис. 8. Сдвиг податливости при ползучести (слева) и модуля релаксации (справа) в сторону увеличения интервала времени в результате приложенного давления

Повышение давления, которому подвергается материал, оказывает такое же влияние на механические свойства материала, как и снижение температуры. В обоих случаях наблюдается «смещение» функций отклика по логарифмической шкале времени. Следовательно, аналогично суперпозиции время/температура, мы можем говорить о принципе суперпозиции давление/время. Однако они регулируются разными процессами на молекулярном уровне. Изменение температуры вызывает изменение средней кинетической энергии молекул полимера, в то время как изменение давления не изменяет энергетическое состояние молекул, но ограничивает доступное пространство для их локальных движений.

Суперпозиция давления и времени

Принцип наложения давления и времени позволяет сдвигать сегменты функции отклика, измеренные при различных изобарических условиях, в единую «эталонную кривую», которая простирается во временном масштабе за пределы того, что обычно можно измерить в эксперименте в реальном времени при стандартных условиях в помещении. Следует подчеркнуть, что принцип наложения давления и времени может применяться только для простых материалов, в которых все молекулярные группы одинаково реагируют на приложенное давление. Наложение давления и времени все еще недостаточно изучено, поэтому неясно, применимо ли оно для многофазных материалов, таких как блок- и графтсополимеры, гибридные материалы, смеси полимеров и битумные материалы [4–6].

Суперпозиция время/давление работает аналогично суперпозиции время/температура. Эксперименты проводят при разных давлениях с поддержанием постоянной температуры. Измеренные значения функции относительно коротких сегментов времени при различных давлениях позволяют построить эталонную кривую, которая определяет поведение материала при выбранных эталонных условиях давления и температуры, как показано на рис. 9а. Для каждого конкретного сегмента величина сдвига, необходимая для построения основной кривой, указывается с коэффициентом сдвига a_{p_i} . Знак коэффициента сдвига для конкретного давления p_i определяет направление сдвига сегмента относительно опорного давления $p_i = p_{ref}$. Коэффициенты сдвига, соответствующие более высокому давлению (относительно эталонного давления), положительны, поскольку они перемещают основную кривую на более длительные сегменты времени. Кроме того, можно получить взаимосвязь между приложенным давлением и соответствующими коэффициентами сдвига, как показано на рис. 9б.

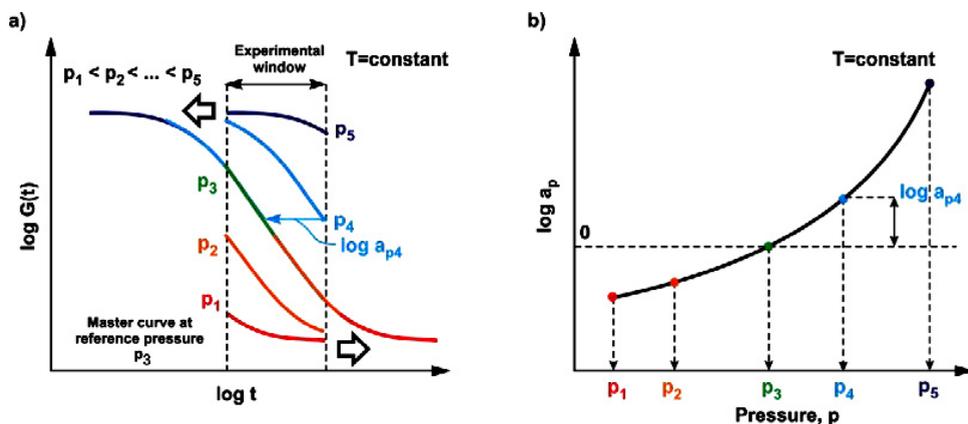


Рис. 9. а) Сегменты модуля релаксации сдвига, измеренные при различных давлениях, и эталонная кривая, составленная путем сдвига сегментов для эталонного давления p_3 ; б) коэффициенты сдвига a_p в зависимости от давления

Сдвиг измеряемых сегментов следует выполнять с помощью стандартизированного алгоритма CFS (ISO 18437–6: 2017), предложенного Gergesova et al. [10].

Моделирование влияния давления на полимеры

За прошедшие годы было разработано несколько моделей, учитывающих влияния давления на механические свойства полимеров. Среди наиболее универсальных моделей — модель FMT, которая была предложена Филлерсом, Мунаном и Тшеглем [12], и модель Кнаусса-Эмри [13]. Обе модели рассматривают совместное влияние температуры и давления. Модель FMT применима для описания влияния давления и температуры в состоянии равновесия. Модель Кнаусса-Эмри может использоваться для моделирования поведения материала при любых условиях изменения температуры и давления, когда материал не находится в термодинамическом равновесии. В частных случаях при постоянных значениях давления и/или температуры, модель Кнаусса-Эмри сводится к моделям WLF и FMT.

Поскольку ударная нагрузка изменяется во времени, подходящей моделью является модель Кнаусса-Эмри [13], где отношения напряжение/деформация выражаются через девиаторную часть $S_{ij}(t)$, которая относится к изменениям формы, и дилатометрическую часть, $\sigma_{kk}(t)$, — к изменениям объема,

$$\sigma_{kk}(t) = 3 \int_0^t K[t'(t) - \xi'(\xi)] \frac{\partial \theta(\xi)}{\partial \xi} d\xi, \quad (18)$$

$$S_{ij}(t) = 2 \int_0^t G[t'(t) - \xi'(\xi)] \frac{\partial e_{ij}(\xi)}{\partial \xi} d\xi, \quad (19)$$

где: $t'(t) - \xi'(\xi) = \int_{\xi}^t \frac{du}{\phi[T(u), \theta(u)]}$, (20)

$$\log \phi[T(u), \theta(u)] = \frac{b}{2.303} \left[\frac{1}{f[T(u), \theta(u)]} - \frac{1}{f_0} \right], \quad (21)$$

$$f[T(u), \theta(u)] = f_0 + \int_0^u \alpha(u - \lambda) \frac{\partial T(\lambda)}{\partial \lambda} d\lambda + \frac{1}{3} \int_0^u B(u - \lambda) \frac{\partial \sigma_{kk}(\lambda)}{\partial \lambda} d\lambda. \quad (22)$$

$K(t)$ и $G(t)$ — модуль объемной упругости и сдвига; $B(t) = K^{-1}(t)$ — податливость объемной ползучести; f_0 , и $a_f(t)$ — относительный свободный объем и коэффициент объемного теплового расширения, определяемые при эталонных значениях температуры T_0 и давления p_0 . Для измерения упомянутых функций материала необходима специальная измерительная система, которая была разработана нашей группой.

Измерение характеристик полимеров

Для измерения материальных функций, используемых в модели Кнаусса-Эмри, Муна и Чхёгл [12] разработали уникальную экспериментальную установку, которая позже была модернизирована Кралем, Проданом и Эмри [14, 15].

Измерительная система схематично представлена на рис. 10 и состоит из четырех подсистем. Первая — тепловая подсистема, состоящая из циркулятора и термостата, позволяющая измерять при различных температурах. Вторая — подсистема нагнетания, состоящая из сосуда высокого давления, трубопровода и ручного насоса, позволяющая измерять при различных давлениях. Третья — электронная подсистема, для управления возбуждением образца, для сбора, хранения и анализа данных. Четвертая — измерительная подсистема, показанная на рис. 11, состоит из двух измерительных вставок: релаксометра и дилатометра. Система позволяет измерять термомеханические свойства полимеров, зависящие от времени, при различных условиях температуры и давления в диапазоне от -50°C до $+120^{\circ}\text{C}$ и от 0,1 до 500 МПа соответственно.

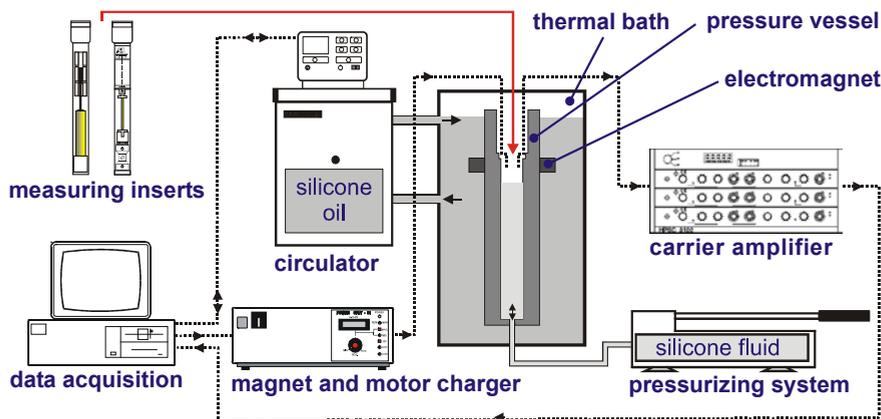


Рис. 10. Схематическое изображение измерительной системы

Релаксометр, рис. 11а, используется для измерения механических свойств зависящих от времени материалов при сдвиге. Образец подвергается воздействию в виде постоянного угла скручивания — деформации сдвига, прикладываемой нагружающим устройством, состоящим из спускового механизма и электродвигателя. Измеряя крутящий момент с помощью тензометрического датчика, определяем затухающее напряжение сдвига. Зная приложенную деформацию сдвига и реакцию на нее — напряжение сдвига, определяем зависящий от времени модуль релаксации сдвига при различных значениях температуры и давления.

Дилатометр, рис. 11б, используется для измерения зависящих от времени объемных свойств полимеров при различных условиях температуры

и давления. Измерения выполняются путем отслеживания изменений длины образца $L(t, T, p)$ под воздействием изменяющихся величин давления и/или температуры с помощью линейно-переменного дифференциального трансформатора (LVDT). Для изотропных материалов объем $V(t, T, p)$ можно оценить по относительному изменению длины, предполагая, что относительное изменение размеров образца одинаково во всех направлениях. Зная изменение объема образца, определяем различные термомеханические свойства полимеров, такие как: податливость объемной ползучести $B(t, T, p)$; равновесная податливость объемной ползучести $B(T, p) = B(t \rightarrow \infty, T, p)$; равновесный модуль объемного сжатия, $K(T, p) = K(t \rightarrow \infty, T, p) = 1/B(T, p)$; коэффициент линейного теплового расширения $\alpha(T, p) = \alpha$; объемный коэффициент теплового расширения $3\alpha(T, p) = 3\alpha(t \rightarrow \infty, T, p)$; и сжимаемость $\beta(T, p) = \beta(t \rightarrow \infty, T, p)$.

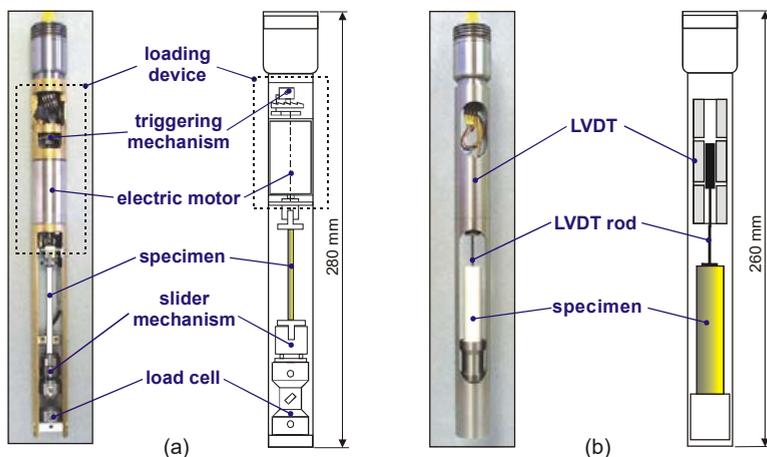


Рис. 11. (а) Вставка релаксометра и (б) вставка дилатометра измерительной системы

В качестве примера приводятся экспериментальные результаты по модулю релаксации сдвига для полукристаллического полиамида 6 (РА6), рис. 12, и эластомерного натурального каучука, рис. 13. Оба материала используются обычно для гашения вибраций и ударных нагрузок. На диаграммах слева показаны измеренные сегменты при указанном постоянном давлении, а на диаграммах справа показаны соответствующие эталонные кривые.

На рис. 12 показано поведение РА6. Несмотря на то, что он является полукристаллическим материалом, диапазон давлений, доступных для измерения модуля релаксации сдвига при выбранной эталонной температуре недостаточно высок, чтобы достигнуть стекловидного состояния материала. Поэтому на рис. 12 видна только переходная область модуля сдвига.

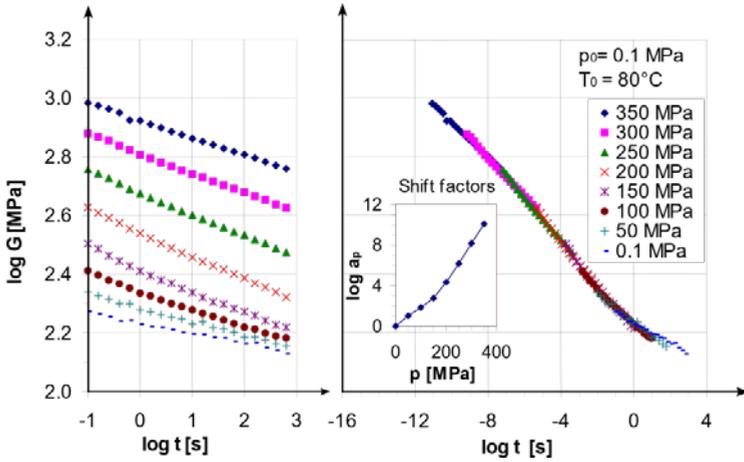


Рис. 12. Полиамид 6 (РА6): а) сегменты модуля релаксации сдвига, измеренные при различных давлениях, и б) сегменты, сдвинутые на основную кривую с коэффициентами сдвига.

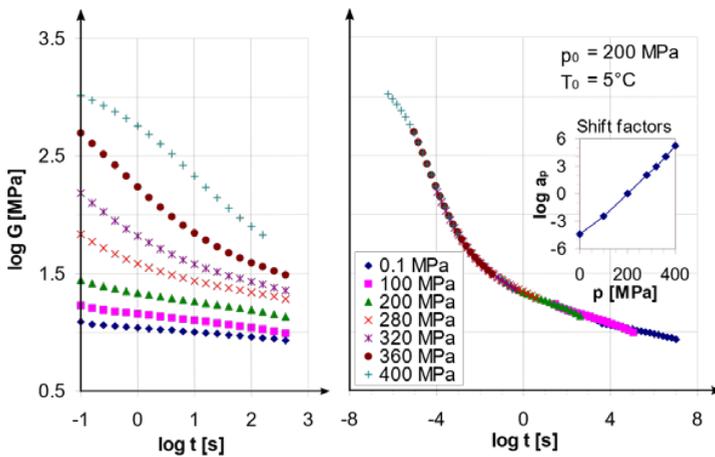


Рис. 13. Натуральный каучук, NR: а) сегменты модуля релаксации сдвига, измеренные при различных давлениях, и б) сегменты, сдвинутые на основную кривую с коэффициентами сдвига.

Натуральный каучук представляет собой сшитый материал, а это означает, что он должен иметь как стекловидное, так и равновесное состояние. Однако при самом высоком давлении 400 МПа материал начинает выходить на свое стеклообразное плато, тогда как при атмосферном давлении он только начинает приближаться к своему плато резинового равновесия, рис. 13. Чтобы достичь обоих плато, необходимы эксперименты при более высоких температурах и при гораздо более высоком давлении.

3. Сыпучесть гранулированных материалов

Мы обнаружили [1, 2], что вязкоупругие гранулированные материалы с правильно подобранным мультимодальным распределением по размерам демонстрируют поведение жидкости, сохраняя при этом поведение объемного материала, из которого они были сделаны. Следовательно, они могут использоваться в качестве «нагнетательной среды» для создания собственного гидростатического давления внутри гибкого жесткого контейнера и, следовательно, для изменения его собственных демпфирующих свойств. Чтобы получить гидростатическое давление внутри гранулированной системы, необходимо иметь возможность измерять текучесть (готовность к течению) гранулированного материала в состоянии отсутствия движения, то есть при так называемой текучести с нулевым расходом. Для изучения так называемой текучести гранулированных систем с нулевой скоростью мы разработали новый прибор, названный Грануляторный анализатор трения (GFA) [16–18].

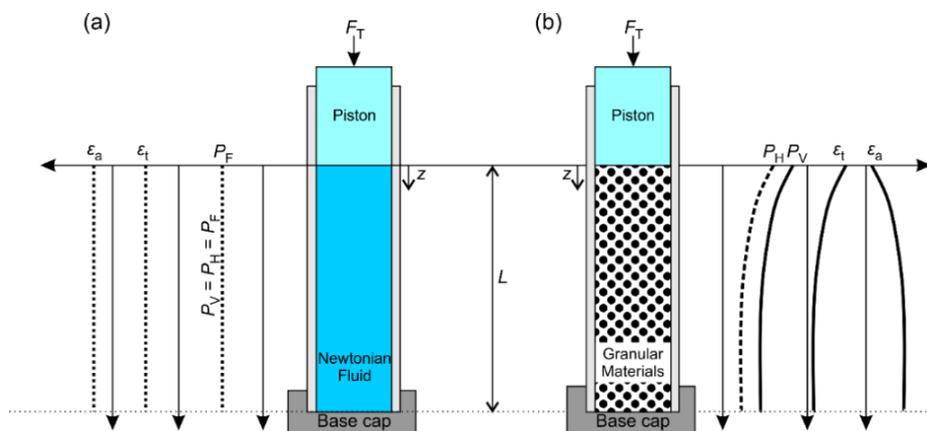


Рис. 14. Схема распределения вертикального $P_V(z)$ и горизонтального $P_H(z)$ внутреннего давления; осевая и тангенциальная деформации при одноосном сжатии в случае (а) ньютоновской жидкости и (б) гранулированного материала

Конструкция аппарата GFA основана на представлении, что ньютоновские жидкости обладают свойством распределять приложенные к ним силы одинаково во всех направлениях и во всем объеме, которое они занимают. Следовательно, если мы подвергаем ньютоновскую жидкость одноосной сжимающей нагрузке F_T внутри закрытого цилиндра через поршень с площадью сечения A , распределение давления во всех направлениях будет постоянным, $p_F = F_T/A = p_V = p_H$, как показано на рис. 14а. С другой стороны, если мы подвергаем той же нагрузке зернистый материал, распределение давления в осевом z -направлении будет уменьшаться с расстоянием от поршня, как показано на рис. 14б. Поскольку невозможно измерить распределение

давления напрямую, необходимо измерить деформацию поверхности цилиндра в осевом направлении, $\varepsilon_a(z)$, и в тангенциальном направлении, $\varepsilon_t(z)$, вдоль оси цилиндра, используя измерители напряжения [17] или корреляцию цифровых изображений [18].

Для характеристики текучести гранулированных материалов при одноосной сжимающей нагрузке в качестве меры сыпучести мы ввели индекс GFA. Расчет индекса GFA основан на интегрировании распределения внутреннего давления вдоль стенки цилиндра, в котором сыпучий материал одноосно сжимается поршнем, и нормированного распределения давления ньютоновской жидкости [17, 18],

$$GFA_{\text{index}} = \frac{\int_0^L P_V(z) dz}{P_F L} = \frac{A}{F_T L} \int_0^L P_V(z) dz, \quad (23)$$

где

$$P_V = \frac{4F_V}{\pi D_i^2 (1 + \varepsilon_t)^2}, \quad (24)$$

$$F_V = F_T + \pi D_i (1 + \varepsilon_t) t_w \sigma_a, \quad (25)$$

и

$$\sigma_a = \frac{E_w (\varepsilon_a + \nu_w \varepsilon_t)}{1 - \nu_w^2}. \quad (26)$$

Здесь: D_i — внутренний диаметр цилиндра; E_w , ν_w , ε_t и ε_a — модуль Юнга, коэффициент Пуассона, тангенциальная и осевая деформации стенки цилиндра соответственно. Измеряя касательную ε_t и осевую деформацию ε_a на стенке цилиндра в n точках вдоль оси z , можно рассчитать соответствующее вертикальное внутреннее давление $P_V(z)$ и на основе этого GFA-индекс.

Мы использовали аппарат и индекс GFA для оптимизации сыпучести материалов, используемых в демпфирующих элементах нового поколения. Гранулированные материалы с правильно выбранной текучестью могут быть использованы в качестве «нагнетающей среды» для создания собственного гидростатического давления внутри гибкого жесткого контейнера и, следовательно, для изменения его собственной жесткости и демпфирующих свойств.

4. Улучшенная защита от ударов и вибрации

Существующие системы защиты конструкций от вибраций не могут в полной мере использовать демпфирующие характеристики материалов, зависящих от времени, поскольку максимальные значения демпфирующих свойств этих материалов находятся в тех диапазонах частот, которые далеки от того диапазона, который представляет практический интерес, как это схематически показано на рис. 15.

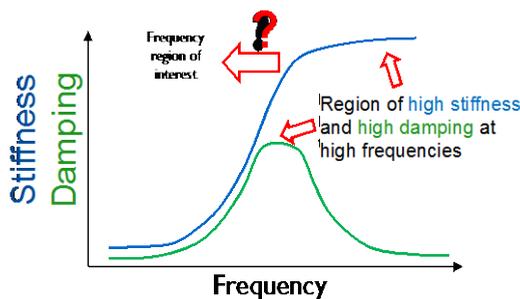


Рис. 15. Частотная зависимость демпфирования для материалов, используемых в системах защиты от вибрации и ударов.

Материальные функции в частотной области могут быть получены путем взаимного преобразования из соответствующих функций ползучести и релаксации, измеренных во временной области [3, 9],

$$G'(\omega) = \omega \int_0^{\infty} G(t) \sin \omega t dt, \quad G''(\omega) = \omega \int_0^{\infty} G(t) \cos \omega t dt \quad (27)$$

и

$$J'(\omega) = \omega \int_0^{\infty} J(t) \sin \omega t dt, \quad J''(\omega) = \omega \int_0^{\infty} J(t) \cos \omega t dt. \quad (28)$$

Здесь параметры $G'(\omega)$ и $J'(\omega)$ отражают жесткость материала, а $G''(\omega)$ и $J''(\omega)$ — его демпфирующие свойства и способность поглощать энергию.

Как было показано, воздействие на материал гидростатического давления приводит к тому, что кривые функций, характеризующих их свойства, сдвигаются вдоль логарифмической шкалы времени и частоты. Во временной области повышение давления сдвигает функции свойств материала на более длительное время. В частотной области все четыре функции материала смещаются влево в сторону более низких частот, как это схематично показано стрелкой на рис. 15. Следовательно, надлежащим выбором гидростатического давления, которому подвергается материал, можно согласовать частотный диапазон его максимальных демпфирующих свойств с резонансной частотой выбранной упругой конструкции или со скоростью возбуждения ударной нагрузки. Таким образом, мы можем в полной мере использовать демпфирующие способности выбранного полимерного материала и максимизировать свойства поглощения энергии демпфера.

Как создать гидростатическое давление в материале? Самым простым решением было бы применение одноосного, либо двухосного нагружения. Но, к сожалению, это невозможно реализовать! Давление определяет сумму трёх основных составляющих напряжений, $p = \sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}$, и как только приложенная нагрузка не станет трехмерной, появятся напряжения сдвига, которые, достигнув критического значения, разрушит материал, выведет устройство защиты из строя, как это схематически показано на рис.16.

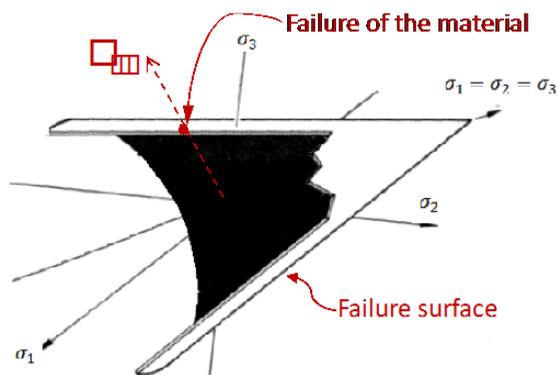


Рис. 16. Схема механизма разрушения материала

Предлагаемое решение предусматривает использование таких гранулированных материалов, в которых по мере уменьшения размеров частиц, напряжение сдвига уменьшается быстрее, чем снижается основное напряжение [1,2]. Такие сыпучие материалы при напряжении свыше определенного уровня, текут аналогично жидкости, сохраняя при этом все свойства сыпучего материала. Более мелкие частицы приводят к большей площади поверхности на единицу объема, что увеличивает фрикционную диссипацию энергии, вызванную взаимодействием частиц, в то время как более крупные частицы создают макроскопический поток. Это позволяет многомодальный эластомерный гранулированный материал использовать в качестве среды, создающей повышенное давление (аналогично воздуху в шинах). Увеличением гидростатического давления можем изменить частотную характеристику свойств материала, усилив его способность поглощать механическую энергию при деформациях в наперед заданном диапазоне частот. Правильной регулировкой давления можем управлять одновременно и жесткостью демпфирующего элемента. Предлагаемое решение использует все возможные механизмы рассеивания энергии, оптимизируя его в применении к новой системе виброударной защиты.

На рис. 17 представлена схема устройства запатентованного демпфирующего элемента [1, 2], состоящего из гранулированного материала, заключенного в гибкую трубку из жестких волокон. Такая конструкция позволяет создавать давление на сыпучий материал внутри демпфирующего элемента. При более высоких давлениях свойства материала сдвигаются в сторону более низких частот по сравнению с эталонными значениями, как показано на рис. 18.

Принцип работы демпфирующего элемента схематически представлен на рис. 18. Сплошная линия в форме колокола показывает «исходный» динамический отклик конструкции, подверженной, например, землетрясению, а пунктирной линией — подавленный динамический отклик конструкции при применении новых демпфирующих элементов. Сплошная линия в правой части рис. 18 схематически показывает зависимость поглощения энергии

от частоты эластомерного гранулированного материала при атмосферном давлении p_0 . Если тот же эластомерный материал подвержен давлению до выбранного должным образом значения давления $p > p_0$, его демпфирующие свойства могут быть подобраны по частоте таким образом, чтобы они соответствовали частоте возбуждения землетрясения, показанной пунктирной линией, и максимально погасили бы динамический отклик конструкции.

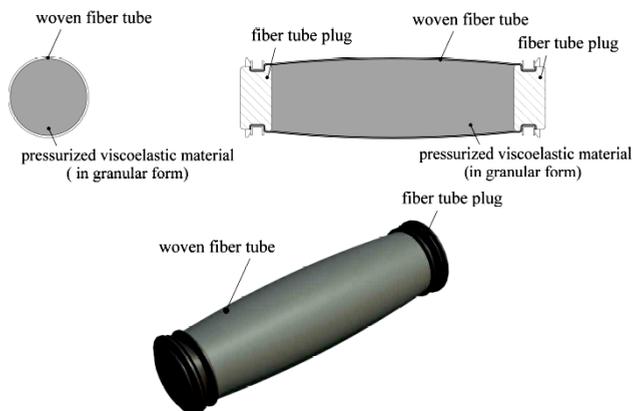


Рис. 17. Демпфирующие элементы, состоящие из сжатого эластомерного гранулированного материала внутри трубки из жестких волокон

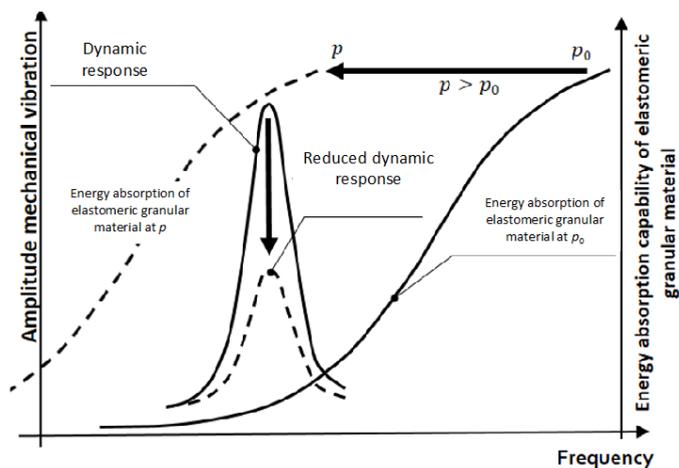


Рис. 18. Схематическое представление принципа работы демпфирующего элемента

Экспериментальные исследования

Рассмотрим результаты экспериментальных исследований влияния гидростатического давления на жесткость и демпфирующие свойства полимера на примере коммерческого материала TPU из серии Elastollan®

11¹ (1190А), который уже используется при производстве виброизоляции. Эксперименты по определению зависимости жёсткости $G'(\omega)$ и демпфирования $G''(\omega)$ от давления проводились на описанной нами выше экспериментальной установке высокого давления. (Подробнее о методике эксперимента см. [19]). Для простоты результаты приведены только для давлений 1 и 2000 бар. Графики функции $G'(\omega)$ показаны на рис. 19, а $G''(\omega)$ — на рис. 20. Как и ожидалось, значения функций с увеличением давления увеличились в значительной степени.

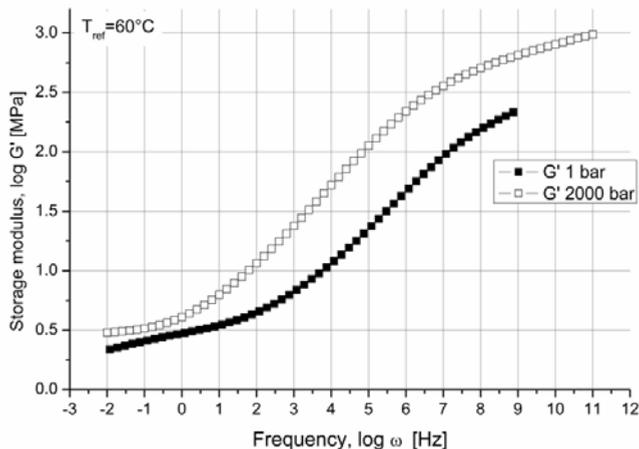


Рис. 19. Модуль упругости $G'(\omega)$ при $p = 1$ бар и $p = 2000$ бар

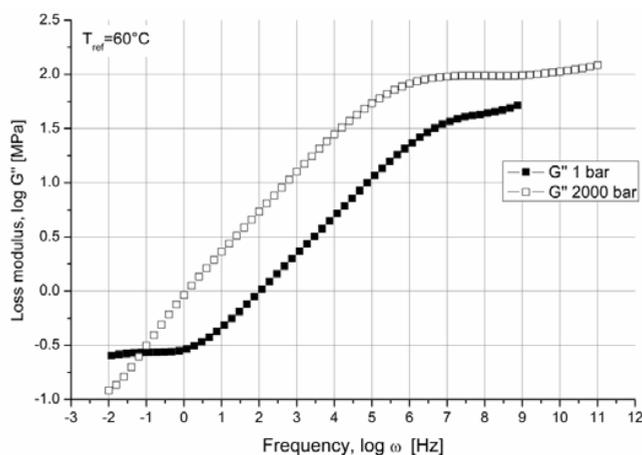


Рис. 20. Модуль потерь $G''(\omega)$ при $p = 1$ бар и $p = 2000$ бар

¹ «Термопластичные полиуретановые эластомеры (ТПУ), ассортимент продукции Elastollan R» (2016 г.)

Поскольку вибрации и шум, вызывающие наибольший дискомфорт, расположены в диапазоне частот от 1 до 1000 Гц, в этом диапазоне и рассматривается влияние гидростатического давления на жесткость, $G'(\omega)$ и демпфирование $G''(\omega)$ материала TPU при эталонной температуре $T_{ref} = 60^\circ\text{C}$. Рис. 21 содержит две диаграммы: левая показывает влияние давления на $G'(\omega)$, правая — на $G''(\omega)$.

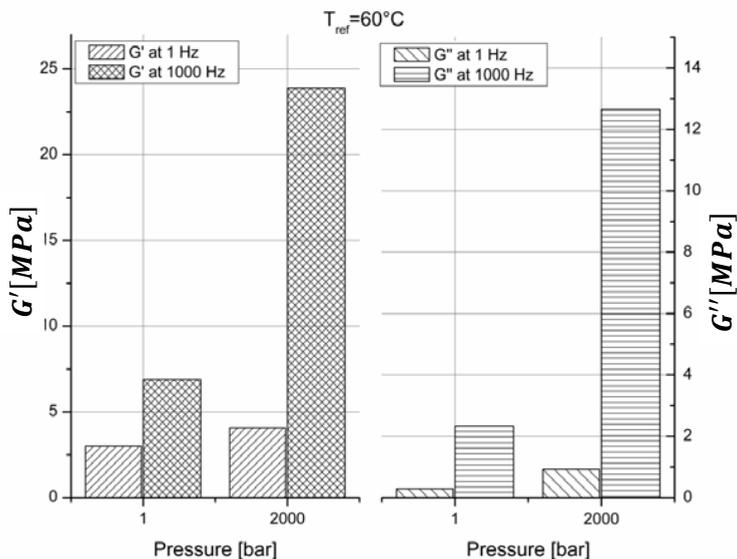


Рис. 21. Влияние давления на параметры, и для TPU при, 1 и 1000 Гц

В обоих случаях характеристики материала даны на частотах 1 Гц и 2000 Гц. При 1 Гц и $p = 1$ бар модуль $G' = 2,99$ МПа, а при $p = 2000$ бар $G' = 4,07$ МПа, из чего следует: материал стал в 1,4 раза более жестким. На частоте 1 Гц при $p = 1$ бар модуль потерь $G'' = 0,29$ МПа, тогда как на той же частоте при $p = 2000$ бар он возрастает до $G'' = 0,92$ МПа, что означает: способность материала рассеивать энергию увеличилась в 3,15 раза. При $\omega = 1000$ Гц и $p = 2000$ бар, жесткость материала увеличилась в 3,46 раза, а его способность рассеивать энергию увеличилась в 5,41 раза.

Значительно увеличить жесткость и демпфирующие свойства полимерного материала можно за счет дальнейшего увеличения гидростатического давления. Во сколько раз? Каковы особенности? Исследуем вопрос, проведя сравнительный анализ ряда экспериментальных результатов.

Заметим, что жесткость образца изоляции зависит от его геометрии и модуля упругости материала, из которого он изготовлен, тогда как способность к поглощению энергии определяется общим объемом материала и его модулем потерь. Следовательно, если сохранить геометрию и объем образца изоляции постоянными, его жесткость и способность поглощать энергию будут зависеть только от количества материала и его модуля потерь.

В связи с этим введём два критерия для оценки целевых параметров G' , G'' при вариации величин p , ω . Зададим эти критерии в виде безразмерных коэффициентов:

$$K_k(p, \omega) = \frac{G'(p, \omega)}{G'(p_0, \omega)}, \quad (30)$$

$$K_d(p, \omega) = \frac{G''(p, \omega)}{G''(p_0, \omega)}. \quad (31)$$

$K_k(p, \omega)$ — определяет изменение жесткости изоляции путем воздействия на нее выбранного значения гидростатического давления p относительно жесткости при давлении окружающей среды $p_0 = 0.1$ МПа. $K_d(p, \omega)$ — определяет относительное изменение поглощения механической энергии (демпфирования) материалом изоляции, при воздействии на образец гидростатическим давлением заданной величины.

Сравнение проведём в диапазоне частот от 1 до 10000 Гц. Этот диапазон представляет наибольший интерес при разработке виброударной защиты. Результаты представим как функцию частоты и гидростатического давления. Область изменения частоты определяется располагаемым объёмам экспериментальных данных — от 1 до 300 МПа.

На рисунках 22 (а) и 23 (а) исследуемая зависимость $K_k(p, \omega)$ как функция двух переменных. В трёхмерном пространстве эта зависимость имеет вид гиперповерхности. Для удобства практического применения она представлена в форме 8 плоских кривых — 4-х сечений плоскостями p (K_k, ω) = 50, 100, 200, 300 МПа и 4-х сечений плоскостями ω (K_k, p) = 1, 100, 1000, 10000 Гц. При этом для оси частоты выбран логарифмический масштаб. Зависимость $K_d(p, \omega)$ представлена аналогичным образом на рисунках 22 (б) и 23 (б).

Из приведённых на рис. 22 (а) данных видно, что жесткость материала ТРУ 1190А наиболее чувствительна к частоте возбуждения, особенно при максимальном давлении. Частота возбуждения оказывает гораздо меньшее влияние на способность материала демпфировать колебания, рис. 22 (б). Это положение справедливо при всех значениях давления. Давление оказывает значительное влияние и на жесткость, и на степень демпфирования. При максимальном давлении жесткость увеличивается примерно в 4–10 раз, а демпфирование, в зависимости от частоты возбуждения ω , растёт примерно в 10–16 раз. При наивысшем давлении кривая демпфирования имеет экстремум при частоте примерно $\omega = 1000$ Гц.

Влияние давления показано и на рис. 23. Коэффициенты $K_k(p, \omega)$ и $K_d(p, \omega)$ представлены на четырех выбранных частотах возбуждения (1, 100, 1000 и 10000 Гц) как функции давления в диапазоне от 0 до 300 МПа. Из рисунка 23 (б) видно, что с увеличением гидростатического давления демпфирование монотонно увеличивается почти одинаково на всех частотах

вплоть до 200 МПа, когда для самой высокой частоты возбуждения крутизна характеристики падает. Иначе ведет себя жесткость. Как это видно из рисунка 23 (а), она увеличивается по мере роста гидростатического давления на всех частотах возбуждения, а интенсивность роста жесткости тем больше, чем выше частота.

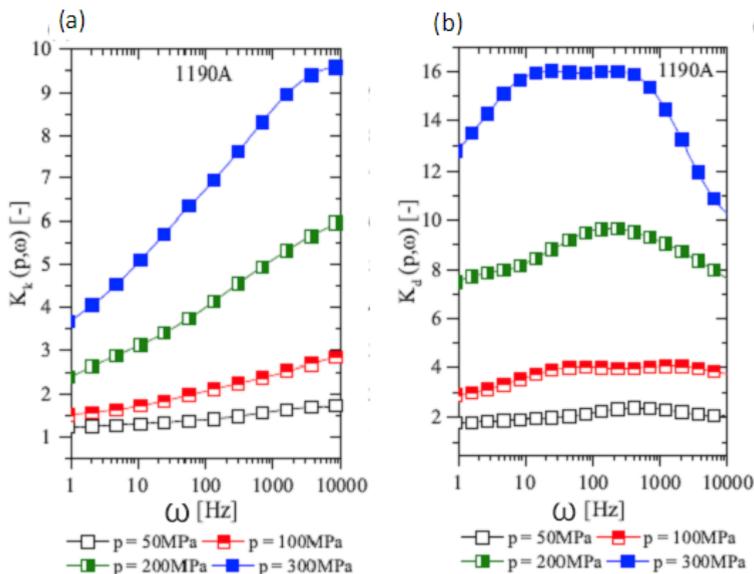


Рис. 22. (а) $K_k(p, \omega)$ и (b) $K_d(p, \omega)$ материала 1190А как функции частоты для четырех выбранных давлений

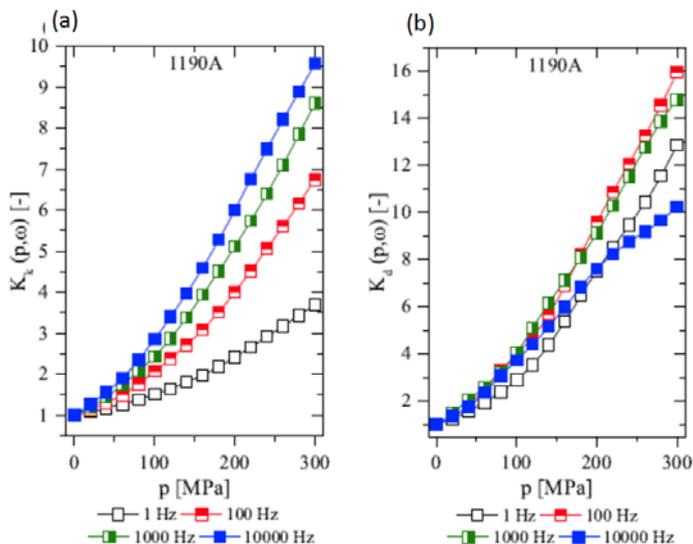


Рис. 23. (а) $K_k(p, \omega)$ и (b) $K_d(p, \omega)$ 1190А как функции гидростатического давления на четырех выбранных частотах

Анализ исследуемых зависимостей показал, что влияние гидростатического давления и частоты внешнего возбуждения на жесткость и демпфирование системы виброударной защиты с применением полимерных материалов имеет явно выраженный нелинейный характер, чем обусловлены трудности прогнозирования поведения этой системы при вариации её параметров и, как следствие, трудности её синтеза. Проектирование новых, более совершенных систем потребует проведения тщательного исследования для каждого конкретного материала демпфирующих элементов нового поколения. Правильный выбор размеров и геометрии демпфирующего устройства, выбор подходящего полимерного материала и применяемого гидростатического давления демпфирующего элемента остается в компетенции инженера-проектировщика.

5. Обсуждение возможных инженерных приложений

В существующих технических системах и конструкциях всякое улучшение свойств их защиты от вибраций и ударов приводит к снижению жёсткости материала, из которого они изготовлены и, наоборот, всякое улучшение жесткости материала приводит либо к увеличению размеров конструкции, либо к снижению качества демпфирования. Одновременное улучшение свойств и демпфирования, и жесткости предлагаемое новой запатентованной технологией диссипативной грануляции полимерного материала под высоким давлением, открывает широкие возможности для новых инженерных приложений, которые недостижимы с помощью иных из известных в настоящее время технологий. Приведём несколько примеров, иллюстрирующих широкий спектр новых возможных приложений:

- В автомобильной отрасли используют демпферы, пассивные бамперы и амортизаторы для снижения пиковых нагрузок при ударе и при негармонических возбуждениях. Любое улучшение свойств этих устройств в настоящее время сопряжено с увеличением их объема. Демпфирующие устройства, основанные на предлагаемой технологии, сочетая в себе высокую способность поглощения энергии с высокой жесткостью, минимизируют встраиваемый объем. При этом они обладают почти мгновенным откликом и временем восстановления при вибрациях и ударе.
- Уникальное сочетание высокого уровня демпфирования и высокой жесткости новых демпферов позволяет применять их в строительном деле, когда конструкции испытывают большие нагрузки на фундамент, но при этом предъявляются и высокие требования к характеристике по демпфированию вибраций. Примером эффективного применения таких демпферов может служить строительство фундаментов тяжелых машин, кузнечных молотов и прессов для штамповки тяжелой листовой стали.
- На железнодорожном транспорте движение высокоскоростных поездов требуют особой защиты от возбуждаемых ими негармонических воздействий большой силы на грунт и фундаменты стоящих рядом сооружений, в то время как с помощью рельсовых шпал из гидростатически нагруженных полимеров, способных выдерживать большие нагрузки, вибрации должны быть сведены к минимуму.

- Высокого уровня защиты от виброударных воздействий требуют различного рода бортовые системы управления с радиоэлектронным оборудованием, например, мобильные комплексы МЧС, машины реанимации, оснащенные современным оборудованием и др.
- Поскольку полимеры могут выдерживать трехмерное давление до чрезвычайно высоких значений, их применение будет эффективным для защиты высотных зданий, башен и мостов от сейсмических волн, излучаемых при землетрясениях.

В ранних работах по трещиноватым скальным породам были выполнены эксперименты по измерению скорости ультразвука на образцах из гипса и других материалов [20]. Были получены зависимости по снижению скорости ультразвука при увеличении количества образцов. На рисунке 24 представлена относительная скорость ультразвука при увеличении количества образцов, на снижение скорости влияет система трещин. Зависимость выполаживается при соотношении длины составных образцов L к размеру образца l более 20. Конечно, характер зависимости зависит от качества поверхности образцов (сплошная и пунктирная линии).

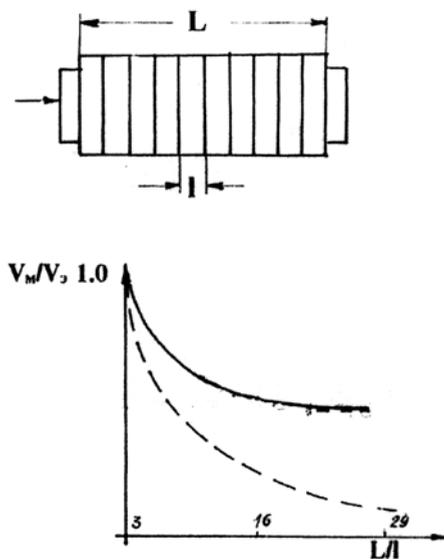


Рис. 24. Величины волновых параметров в дискретных средах

В работе [21] приведено изучение волновых явлений в бетонной смеси на лабораторном вибростенде при различной частоте колебаний. При этом получены величины скорости порядка 20 — 50 м/сек, которые зависят от состава (соотношение цемента, песка, щебня при добавлении воды). Эти примеры позволяют создавать минеральные демпфирующие материалы и назначать соотношения размеров частиц, а также давление сжатия при создании полидисперсных демпфирующих систем.

Выводы

Выполненные исследования и наблюдения подтверждают, что при правильном выборе параметров материала и давления, могут быть реализованы системы, основанные на запатентованной технологии диссипативной грануляции полимерного материала под высоким давлением, которые обеспечивают максимальную защиту от вибрации и ударных воздействий в определённых диапазонах частот и скорости изменения силового возбуждения. При этом свойства полимерного материала демпфировать и поглощать энергию возбуждения реализуются экстремально.

Использование этого уникального потенциала позволяет создать новое поколение демпфирующих элементов, на несколько порядков превосходящие лучшие из тех, что существуют в настоящее время. Эти демпфирующие элементы смогут найти широкое применение, например, в опорах промышленных машин и в фундаментах строительных конструкций; снизят риски возникновения резонанса при землетрясениях; уменьшат вибрации поездов и железнодорожных путей; повысят эффективность средств обеспечения безопасности автотранспорта.

Список литературы

1. *Emri I, Bernstorff B* (2016). Dissipative bulk and granular systems technology, München: Europäisches Patentamt: EP2700839.
2. *Emri I, Bernstorff B, Brehmer F, Kalamar A, Bek M, Oblak P* (2014) Sleeper with damping element based on dissipative bulk or granular technology, München: Europäisches Patentamt, EP2700838.
3. *Tschoegl NW* (1989), The Phenomenological Theory of Linear Viscoelastic Behavior: An Introduction, Springer, New York
4. *Knauss W G, Emri I, Lu H* (2008) Mechanics of polymers: Viscoelasticity. In: Sarpe Jr., William № (ed) Springer handbook of experimental solid mechanics, 1st ed. Springer, New York: 49–95.
5. *Deng T H, Knauss W G* (1997) The temperature and frequency dependence of the bulk compliance of poly(vinyl acetate): A re-examination. J Mech. Of Time-Dep. Mat., 1:33–49
6. *Tschoegl NW, Knauss WG, Emri I* (2002), The effect of temperature and pressure on the mechanical properties of thermo- and/or piezorheologically simple polymeric materials in thermodynamic equilibrium: a critical review; Mechanics of time-dependent materials, 6:53–99
7. *Tschoegl NW, Knauss WG, Emri I* (2002) Poisson's ratio in linear viscoelasticity — a critical review. J Mech. Of Time-Dep. Mat., 6:3–51
8. *Williams ML, Landel RF, Ferry JD* (1955) 'The temperature dependence of relaxation mechanisms in amorphous polymers and other glass-forming liquids', J. Amer. Chem. Soc. 77, 3701–3707.
9. *Emri I, von Bernstorff BS, Cvelbar R, and Nikonov AV* (2005), Re-examination of the approximate methods for interconversion between frequency- and time-dependent material functions. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics 129 (2), 75–84

10. *Gergesova M, Zupančič B, Saprunov I, Emri I* (2011), The closed form t-T-P shifting (CFS) algorithm. *Journal of Rheology* 55: 1–16
11. *Martin M C* (1986) *Elements of thermodynamics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs
12. *Moonan WK, Tschoegl NW* (1985). The effect of pressure on the mechanical properties of polymers. IV. Measurements in torsion. *Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition*, 23(4), 623–651.
13. *Knauss WG, Emri I* (1981). Non-linear viscoelasticity based on free volume consideration. *Computers & Structures* 23 (1–3): 123–128
14. *Kralj A, Prodan T, and Emri I* (2001). An apparatus for measuring the effect of pressure on the time-dependent properties of polymers, *Journal of Rheology*, 45 (4): 929–943
15. *Emri I and Prodan T* (2006). A measuring system for bulk and shear characterization of polymers, *Experimental Mechanics* 46: 429–439
16. *Bregant D, Emri I* (2013). Development and construction of the measuring device for analysing micro powders flowability, Diploma Thesis, University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering.
17. *Bek M, Gonzalez-Gutierrez J, Lopez JAM, Bregant D, Emri I* (2016). Apparatus for measuring friction inside granular materials — Granular friction analyzer, *Powder Technol.* 288 (2016) 255–265.
18. *Venkatesh R, Voloshin A, Emri I, Brojan M, Govekar E* (2019). Digital Image Correlation Based Internal Friction Characterization in Granular Materials, *Exp. Mech. Experimental Mechanics*, <https://doi.org/10.1007/s11340-019-00570-8> already published
19. *Bek M, Betjes J, Bernstorff B, and Emri I* (2017). Viscoelasticity of new generation thermoplastic polyurethane vibration isolators. *Phys. Fluids*, vol. 29, no. 12.
20. *B.Gusev, M. Goldstein*. Investigation of Mechanical properties of cracked voch. I-st International Congress Rock Mechanics. Lisbon, 1966, p.175–178.
21. *Гусев Б. В., Зазимко В. Г.* Вибрационная технология бетона. Киев. 1991.— 158 с.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ АРКТИКИ

INDUSTRIAL DEVELOPMENT OF ARCTIC

Бакшеев Д. С.,

*Российская инженерная академия, Москва
(bdinvest@mail.ru)*

Baksheyev D. S.,

Russian Academy of Engineering, Moscow

Аннотация. В статье сделан вывод о комбинированном применении вахтового и оседлого способов промышленного освоения Арктики. Для строительства капитальных зданий и сооружений в районах распространения вечномерзлых грунтов рекомендованы свайные фундаменты, выполняемые по технологиям в соответствии с геокриологическими грунтовыми условиями с последующим контролем за сохранением грунтов в мерзлом состоянии.

Annotation. The article draws a conclusion about the combined use of rotational and sedentary of industrial development of Arctic. For the construction of capital buildings and structures in areas where permafrost soils are spread, pile foundations are recommended, carried out according to technologies in accordance with geocryological soil conditions, followed by control over the preservation of a frozen state.

Ключевые слова: Вахтовый и оседлый способ, вечномерзлый грунт, свайные фундаменты, буроопускная технология

Keywords: Rotational and sedentary mode, permafrost soil, pile foundations, drilling-tempering technology

Значение Арктики для Российской и мировой экономики трудно переоценить. Уже сегодня разведанные и прогнозные запасы полезных ископаемых: нефти, газа, угля, меди, никеля, кобальта, благородных и редкоземельных металлов, железа, алмазов позволяют считать, что именно здесь в будущем будет их основная кладовая для всего человечества. Вопрос принципов освоения труднодоступных и суровых по климатическим и геокриологическим условиям северных территорий становится одним из важнейших для Российской промышленности. Так сложилось в мировой практике, что мы имеем два основных способа освоения северных территорий: вахтовый и оседлый (на постоянной основе). Западные компании в основном используют вахтовый метод, при котором рабочие всех необходимых профессий трудятся отрезками времени, как правило 15 дней в месяце, затем их сменяют другие, а первый состав отдыхает полмесяца, затем снова меняются (этот период

может быть и месяц и квартал). При этом для них в любом случае создаются приемлемые жилищные условия из легковозводимых временных зданий или модульных блоков, системы питания и отдыха.

Отечественный опыт в виде Воркутинского, Норильского, Якутского, Уренгойского и Магаданского промышленных районов показывает успешный второй способ освоения в виде постоянного оседлого проживания персонала со строительством полномасштабных городов со всей присущей любому городу социально-бытовой и культурной инфраструктурой. В свое время, занимая должность заместителя генерального директора Норильского горно-металлургического комбината по капитальному строительству, я два раза в период с 1991 по 1997 годы организовывал и проводил научно-технические международные конференции в Норильске по вопросам строительства в Арктике и фундаментостроению на вечномёрзлых грунтах. Приезжали крупные иностранные ученые и специалисты и на первых заседаниях громко заявляли, что вы зря тут город построили, надо строить рудники вахтой и добывать руду вахтой, возить её на материковские металлургические заводы; будет гораздо дешевле. Но после того, как им показывали производственные переделы комбината и всю технологическую цепочку с выпуском готовой продукции в виде слитков никеля и листов меди, благоустроенные жилые районы Норильска, Талнаха и Каеркана, базы строителей и объекты стройиндустрии, культурные, спортивные, развлекательные и детские учреждения эти специалисты на итоговых заседаниях уже говорили: «А теперь мы не знаем, что лучше, наверное, не вахта». Конечно, простейшие экономические расчеты показывают экономическую эффективность первого способа (вахтового). Стоимость и сроки возведения временных зданий на порядок меньше капитальных. Но никто из западных экономистов не задавался вопросом, а нравится ли это вахтовому персоналу? Устраивает ли молодого человека, да и человека средних лет, что он находится половину месяца без семьи, без жены и детей в течении достаточно большого периода жизни. А какая-то часть персонала должна находиться там постоянно. Слишком легко промышленные капиталисты распоряжаются судьбами тысяч людей в угоду получения самой высокой прибыли компании и увеличения своего личного состояния.

Также надо понимать, что промышленные объекты по добыче и первичной переработке полезных ископаемых в Арктических районах временными сделать практически невозможно из-за необходимости содержания соответствующего дорогостоящего горнодобывающего и перерабатывающего оборудования в пригодных для него эксплуатационных условиях. А это означает, что в Арктике всегда будет потребность в строительстве капитальных зданий и сооружений.

Представляется разумным российским компаниям при конкретном проектировании промышленного освоения какого-либо месторождения в арктических зонах рассматривать оба способа или применять их комбинированно.

Там, где нет поблизости необходимой базы стройиндустрии и строительных производительных сил, само строительство предприятий добычи и необходимой переработки возможно осуществлять вахтовым методом. Но для обслуживания построенной промышленной инфраструктуры в зависимости от проектных сроков эксплуатации и количества обслуживающего персонала возможен вариант постоянного присутствия, для чего предусматривать строительство городов. Конечно, если речь идет о перекачивающей нефть или газ станции, где численность персонала несколько десятков или сотен человек, то никакого города не надо. Но если месторождение, допустим цветных металлов, а рядом есть месторождения угля или сероводородов и для их освоения требуется поэтапное строительство в течении нескольких десятков лет и добычей, рассчитанной по запасам на десятки и сотни лет, то в этом случае без строительства современного города не обойтись, в том числе, исходя из гуманного отношения к людям, которые должны в любом периоде своей жизни иметь возможность пользоваться всеми достигнутыми человечеством социально-бытовыми и культурными благами.

Как показывает отечественный опыт промышленного освоения северных территорий главным при строительстве капитальных промышленных и гражданских зданий является правильный выбор конструкции фундамента и способа его устройства. В основном, самым распространенным, индустриальным, всесезонным, надежным, долговечным и экономически оправданным на территориях с залеганием вечномерзлых (многолетнемерзлых) грунтов является свайный фундамент. К этому выводу наши ученые и инженеры пришли через положительный и негативный многолетний опыт, перепробовав почти за сто лет практики всевозможные типы фундаментов от плит и ленточных до столбчатых и свайных. Если для временных легких зданий и сооружений возможны различные варианты фундаментов, то для капитальных объектов альтернативы свайным фундаментам на сегодня нет.

При этом свайные фундаменты различаются в основном в зависимости от конкретных геокриологических грунтовых условий по способу устройства железобетонных свай: буроопускной, бурозабивной, буродобивной, буронабивной, комбинированный, забивной. В подавляющем большинстве применяется буроопускной способ, при котором свая свободно опускается в предварительно пробуренную скважину с диаметром, большим поперечного размера сваи, в случае с квадратной в поперечнике свай, больше диагонали поперечного сечения. Затем в пазуху между свай и стенкой скважины заливается специально приготовленный цементно-песчаный раствор. Висячие сваи на расчетную глубину вмораживаются в вечномерзлый грунт, а сваи-стойки устанавливаются в скважины на практически несжимаемое основание: гравийный или скальный грунт. Чрезвычайно важным в свайном строительстве на многолетнемерзлых грунтах является пооперационный контроль при устройстве каждой сваи и последующий мониторинг состояния вечномерзлого грунта.

Как правило, объекты на сваях в вечномерзлых грунтах проектируются по первому принципу СН 25.13330.2012 с устройством проветриваемого подполья, которое обеспечивает доступ отрицательных температур к поверхности грунта под зданием в зимнее время и с помощью ограждающих конструкций (так называемых забирок) препятствует проникновению теплого воздуха в летнее время, тем самым выполняется главное условие I принципа СН — сохранение вечномерзлого грунта в мерзлом состоянии на весь период эксплуатации объекта. В этом случае подполье является неотъемлемым конструктивным элементом сооружения, также как стены и кровля и требует ежегодного и сезонного обслуживания. Пренебрежение этим требованиям по обслуживанию подполья приводит к расстеплению многолетнемерзлого грунта, потере несущей способности грунтового основания и, в конечном итоге, к разрушению сооружения.

В этой связи, совершенно непрофессионально выглядит заявление в прессе, что в разрушении резервуара с аварийным топливом для ТЭЦ-3 в Норильске в мае 2020 года «виновата вечная мерзлота, которая оттаяла и фундаменты просели». В 1960-е и последующие годы до 1997 года включительно в Норильске была отработана и эффективно действовала система контроля за состоянием вечной мерзлоты, которая заблаговременно сигнализировала о возможной оттайке мерзлого грунта под конкретным зданием или сооружением и соответствующие службы в оперативном режиме готовили оптимальные решения. Так, когда на улице Лауреатов в Норильске стала повышаться температура вечномерзлого грунта под 15 жилыми домами в конце 1970-х годов, построенных на висячих, вмороженных в вечную мерзлоту сваях, система контроля, уловив устойчивую тенденцию к повышению температуры, заблаговременно сообщила об этом руководству. Руководители комбината утвердили подготовленное решение об искусственной заморозке грунта под этими домами. В течении 3-х лет производились работы по заморозке без отселения жителей. Замораживание грунтов производилась по следующей схеме: вокруг домов были пробурены скважины диаметром 630 мм с 4-м шагом на глубину, превышающую глубину заложения свай на 3 м. В скважины через смонтированный коллектор нагнетался специальными вентиляторами в зимнее время (9 месяцев) холодный воздух. В летнее время скважины закрывались теплоизоляционным материалом. В результате температура грунтов понизилась от значений -0,2 — -0,5 градусов до -1,5 — -3 градусов Цельсия. Отрицательная температура вечной мерзлоты и её несущая способность восстановились. Жилые дома еще успешно эксплуатировались более 20 лет до конца XX века. В начале 2000-х годов процесс повышения температуры многолетнемерзлых грунтов повторился, но уже перестала работать система контроля и некому стало принимать решения. Дома начали разрушаться, были расселены и снесены. Надо понимать, что стоимость затрат на восстановление температурного режима вечной мерзлоты на несколько порядков меньше стоимости затрат на новое строительство.

Печально, но мы должны констатировать, что в Норильске в течение нескольких лет после 1997 года была утрачена система контроля за состоянием вечномерзлых грунтов, залегающих в основаниях зданий и сооружений, которая создавалась на протяжении десятков лет на основе обширного производственного эксплуатационного опыта. На самом деле при работающей системе контроля за состоянием вечной мерзлоты под каждым объектом, руководители и владельцы компании должны были по своевременному сигналу системы вывести из эксплуатации объект и принять решение о его капитальном ремонте и восстановлении мерзлоты или сносе и строительстве нового резервуара, что обошлось бы компании максимум в несколько сотен миллионов рублей, а не как по факту — десятки миллиардов рублей на устранение последствий аварии и 146 миллиардов рублей присужденного штрафа, который надо сегодня платить за экологический ущерб, нанесенный природе Таймыра. 24 января 1997 года генеральным директором АО «Норильский комбинат» был подписан Приказ № 42 о введении в действие «Сборника инструкций по строительству оснований и фундаментов зданий и сооружений в Норильском промышленном районе». В Сборник, составленный на основе дальнейшего обобщения результатов исследования и накопленного опыта строительства нулевых циклов в различных мерзлотно-грунтовых условиях Таймыра вошло 11 инструкций:

1. по устройству буронабивных и комбинированных свай;
2. по технологии погружения составных железобетонных свай-стоек через слой вечномерзлого и талого грунтов до упора в скальное основание;
3. по технологии устройства буроопускных висячих свай;
4. по технологии устройства буроопускных свай-стоек;
5. по технологии устройства и расчета фундаментов линейных сооружений;
6. по охлаждению и промораживанию грунтов оснований зданий и сооружений;
7. по технологии возведения и восстановления монолитных конструкций нулевого цикла;
8. по теплотехническому расчету подземных двухъярусных коммуникационных каналов, возводимых по первому принципу использования вечномерзлых грунтов оснований;
9. по механическому рыхлению вечномерзлого грунта;
10. по надзору за строительством и эксплуатацией зданий и сооружений, построенных на вечномерзлых грунтах;
11. по восстановлению температурных скважин на строящихся и эксплуатируемых объектах.

До введения в действие этого Сборника строительство и эксплуатация осуществлялись в соответствии с требованиями предыдущего Сборника, введенного в действие Приказом № 90 по НГМК от 20.01.1982 года. На всей территории Большого Норильска всеми фундаментостроителями и эксплуатирующими организациями строго соблюдались указания и требова-

ния Сборника, что гарантировало успешное строительство и эксплуатацию зданий и сооружений. При смене собственника Норильским комбинатом и передаче комбината от государства в частные руки в течение периода от 1997 до 2000 года произошла потеря преемственности технологической дисциплины и опыта, новые исполнители перестали выполнять требования этих инструкций.

На самом деле Сборник инструкций не потерял своей актуальности и сегодня, по крайней мере для Норильского района его никто не отменял. Да и в других районах, где есть необходимость строительства капитальных объектов на территориях распространения вечномерзлых грунтов, проектировщики, строители и эксплуатирующие организации найдут в соответствующих инструкциях Сборника конкретные полезные и необходимые сведения, указания, требования и рекомендации для выполнения своей работы.

Российская инженерная академия, имея в составе специалистов с опытом работы в Арктике и принимавших участие в разработке вышеуказанных инструкций, готова оказывать для заинтересованных организаций любую научно-методическую помощь по вопросам проектирования, строительства и эксплуатации объектов в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, что является одним из важнейших элементов промышленного освоения Арктики.

Список литературы

1. *Растегаев И. К., Бакшеев Д. С., Каменский Р. М.* Свайное фундаментостроение в криолитозоне., Новосибирск, академическое издательство «Гео», 2009. С. — 278. 2. *Бакшеев Д. С.* Основы индустриального свайного фундаментостроения в грунтах криолитозоны. Учебное пособие, Белгород, БГТУ им. В. Г. Шухова, 2004. С. 135.
2. *Бакшеев Д. С.* Индустриальное буродобивное фундаментостроение в Норильске. Москва, СИП РИА, 2001. С. 216. 4. *Бакшеев Д. С.* Бетонирование конструкций нулевого цикла в Арктике. Москва, СИП РИА, 2000. С. 88.
3. *Растегаев И. К., Бакшеев Д. С., Захаров В. В., Лукина Ф. Х., Каменский Р. М., Куцев М. Ю., Райский О. А.* Сборник инструкций по строительству оснований и фундаментов зданий и сооружений в Норильском промышленном районе (2-е издание, переработанное и дополненное). Норильск, 1997. С. 356.
4. *Бакшеев Д. С., Куцев М. Ю., Растегаев И. К.* Временная инструкция по устройству свайных фундаментов из составных железобетонных свай-стоек, принудительно погружаемых через вечномерзлый и талый грунты до упора в скальный грунт. Норильск. КМЛ НГМК, 1986. С. 356.
5. *Растегаев И. К., Бакшеев Д. С., Полуэктов В. Е.* Инструкция по технологии устройства буроопускных висячих свай в вечномерзлых грунтах. Норильск, КМЛ НГМК, 1981. С. 24.
6. *Растегаев И. К., Бакшеев Д. С., Нихотин В. И.* Инструкция по по технологии устройства буроопускных свай-стоек в вечномерзлых грунтах. Норильск, КМЛ НГМК, 1981. С. 8 с.

**ФОРМИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ГОРОДСКОЙ
СРЕДЫ НА ВЫСКОКОУРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ
КАК ОДНО ИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ
РЕГИОНАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

**FORMATION OF A COMPETITIVE URBAN ENVIRONMENT
IN A HIGHLY URBANIZED AREA AS ONE OF THE MAIN DIRECTIONS
OF THE REGIONAL CONSTRUCTION COMPLEX DEVELOPMENT**

Сарченко В. И., Хиревич С. А., Сарченко М. В.,

*Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск
(e-mail: krasstroy@bk.ru; bs-serge@yandex.ru)*

Sarchenko V. I., Khirevich S. A., Sarchenko M. V.,

Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk

Аннотация: Показана высокая значимость строительного комплекса в экономике России в первую очередь за счет бурного развития сегмента жилищного строительства в крупных городах и агломерациях. Отмечается, что конкурентоспособность города определяется в первую очередь качественной и комфортной средой жизнедеятельности. Представлен процесс формирования конкурентоспособной городской среды на высокоурбанизированных территориях на основе комплексного и средового подходов.

Abstract: The high importance of the construction complex in the Russian economy is shown, primarily due to the rapid development of the housing construction segment in large cities and agglomerations. It is noted that the competitiveness of a city is primarily determined by a high-quality and comfortable living environment. The process of forming a competitive urban environment in highly urbanized territories based on an integrated and environmental approach is presented.

Ключевые слова: высокоурбанизированные территории, комплексный подход, средовой подход, устойчивое развитие, конкурентоспособность, городская среда.

Keywords: highly urbanized territories, integrated approach, environmental approach, sustainable development, competitiveness, urban environment.

Строительный комплекс включает в себя ряд участников градостроительной деятельности, среди которых органы государственной и муниципальной власти, а также организации и физические лица, осуществляющие деятельность по созданию, сохранению, улучшению и утилизации зданий и сооружений. Субъекты строительной отрасли взаимодействуют между собой на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства и территорий для создания комфортной и безопасной среды жизнедеятельности в городах.

Строительный комплекс занимает весомое положение в экономике России. Так, не менее 50 % всех инвестиций в основной капитал приходится на строительство зданий и сооружений, что в целом обеспечивает порядка 6 % валовой добавленной стоимости (ВДС) в общей структуре экономики страны [1]. Наблюдающийся рост объема выполненных работ, динамики ввода жилья, а также перспективные планы по развитию строительной отрасли, позволяют судить о возрастающем ее значении для страны (таблица 1).

Таблица 1

Динамика основных показателей строительной отрасли [2]

№ п/п	Наименование	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» (млрд руб.)	6019,5	6125,2	7010,4	7213,5	7579,8	8470,6	9132,2	9493,2
2	Объем ввода жилья (млн кв. м.)	70,5	84,2	85,3	80,2	79,2	75,7	82,0	82,2

Особо следует отметить развитие сегмента жилищного строительства. Так вклад жилищного строительства с учетом мультипликативных эффектов влияния на другие отрасли оценивается в 3,1% ВВП. При этом 1 руб. инвестиций в жилищное строительство увеличивает совокупный выпуск товаров и услуг на 2 руб. и обеспечивает дополнительное поступление налогов в 0,26 руб. [3]. Основной объем ввода жилья сосредоточен в регионах с крупными городами, городскими агломерациями. Именно в них формируются центры притяжения, и концентрируется спрос населения на жилье.

В России под городской агломерацией понимается территория города, объединенная с территориями иных муниципальных образований устойчивыми социальными, экономическими и хозяйственными связями [4]. Далекое не всегда прилегающая к городу территория официально приравнивается к агломерации. Однако довольно часто бывают случаи, когда городская территория фактически сливается в один город с близлежащими малыми городами и населенными пунктами. Такие территории, равно как и агломерации, предлагается называть высокоурбанизированными. В качестве основных критериев высокоурбанизированных территорий (ВУТ) выступают: большая площадь рядом с административными границами города; высокая плотность населения, сопоставимая с городской; тесные связи с центром (городом) в направлении работа-отдых — зачастую прилегающие к городу территории выполняют рекреационную функцию, являются местами приложения труда горожан, тем самым формируются потоки маятниковых миграций в течении рабочего дня.

Исследуя территории городов, городских агломераций, урбан-ареалов многие ученые уделяют пристальное внимание их инвестиционному потенциалу (в том числе скрытому), перспективной капитализации и экономически эффективному развитию деградирующих площадей [5,6,7]. Отдельно исследовались вопросы повышения конкурентоспособности городов России, с учетом выделенных стратегических характеристик [8]. Однако проведенные исследования недостаточны и не позволяют сформировать адекватные современным вызовам механизмы формирования конкурентоспособной городской среды. Анализ учеными города только в его административных границах не позволяет полноценно использовать принципы комплексного и системного подходов. В этой связи ключевой целью данного исследования является разработка базовых положений, позволяющих формировать конкурентоспособную среду на высокоурбанизированных территориях.

В общем понимании конкурентоспособность представляет собой способность объекта выдерживать конкуренцию с себе подобными [9]. Изначально под конкурентоспособностью города понималась способность его территории достигать высокого и постоянно растущего уровня жизни за счет повышения производительности использования труда и капитала как действующими, так и новыми предприятиями — создателями добавленной стоимости [8]. В результате уровень конкурентоспособности города обуславливался, прежде всего, способностью его промышленных предприятий к модернизации и внедрению инноваций. С изменением структуры городской промышленности, градостроительных процессов в городах и рассмотрения города не только как места приложения труда, а как в первую очередь места комфортного проживания, возникла необходимость пересмотреть основные критерии, определяющие его конкурентоспособность. Таким образом, в современных условиях для повышения конкурентоспособности городов пристальное внимание следует уделять таким категориям как качество и комфортность городской среды. Именно они способствуют повышению её инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности в состязании за человеческий капитал и другие ресурсы развития, обеспечивающие прирост добавочной стоимости, капитализации и устойчивое развитие на ВУТ.

В результате конкурентоспособность города, его среды предлагается трактовать, как его способность создавать качественную и максимально комфортную для развития и осуществления жизнедеятельности городскую среду, обеспечивающую дополнительные преимущества для ресурсного притяжения. Она тем выше, чем мощнее способность среды максимально полностью удовлетворять возрастающие, уже имеющиеся, и вновь возникающие потребности физических и юридических лиц города.

Оценка качества и комфортности среды проживания жителей города зависит от ряда факторов: качество жилья; полноценность необходимых услуг и сервисов в шаговой доступности; доступность социальных объектов; доступность организованных общественных пространств; удобная планировка

улично-дорожной сети и др. Анализ множества факторов обуславливает необходимость использования комплексного и средового подходов при формировании конкурентоспособной городской среды на ВУТ, которые включают в себя инструменты пространственно-территориального девелопмента, средового девелопмента, ресурсного девелопмента и др. (рис. 1).

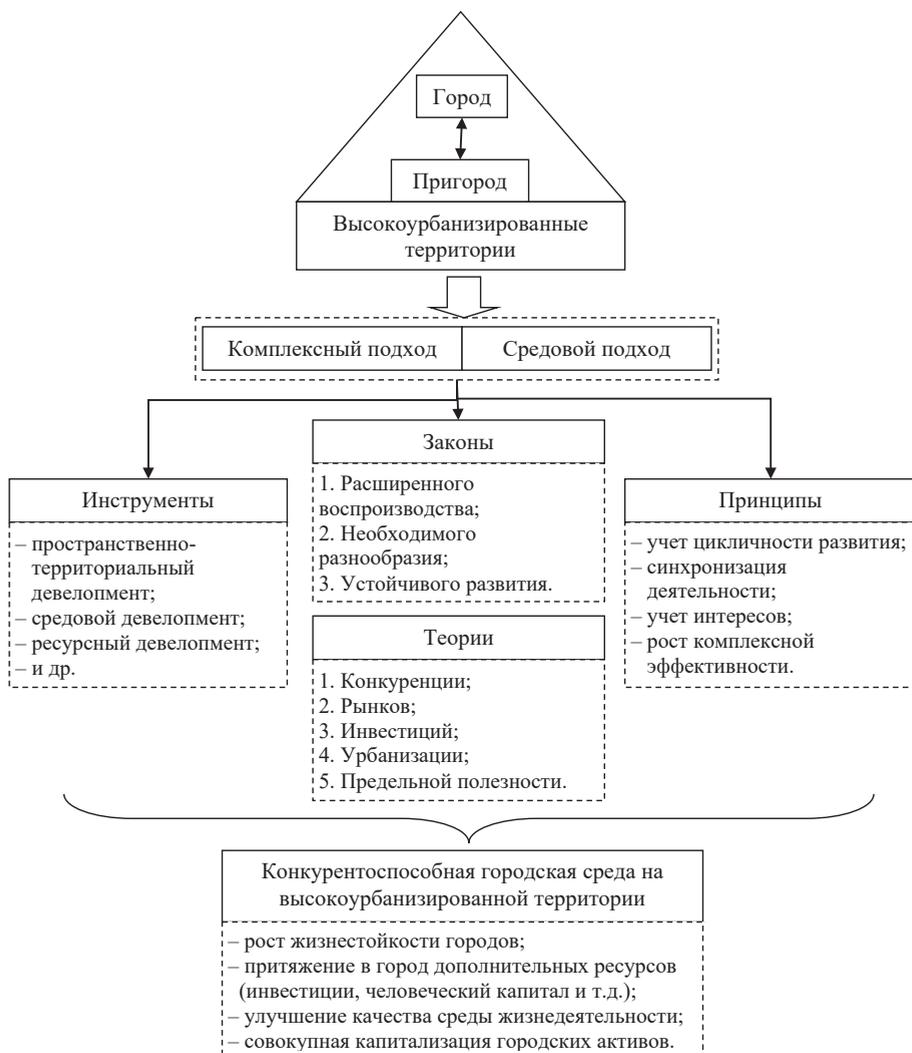


Рис. 1. Процесс формирования конкурентоспособной городской среды на ВУТ

При этом в основе данных подходов должны располагаться следующие базовые законы:

1. Закон расширенного воспроизводства — единственным источником развития и воспроизводства городской недвижимости может быть только добавочная стоимость, возникающая в процессе ее капитализации.

2. Закон необходимого разнообразия — никакая система не может быть сформирована из абсолютно одинаковых элементов. Общее число функциональных элементов должно быть достаточным для устойчивого существования и развития разнообразных видов, типов жилья, медицинских, спортивных, социальных учреждений и т.д.

3. Закон устойчивого развития — предусматривает удовлетворение потребностей нынешнего времени, при этом, не подвергая угрозе возможность последующих поколений удовлетворять их перспективные потребности.

Сформированные базовые законы опираются, прежде всего, на следующие фундаментальные теории:

1. Конкуренции — изучение истории возникновения и развития конкурентных отношений в строительной отрасли, а также роли конкуренции в формировании микро и макроэкономических систем;

2. Рынков — изучение принципов распределения ограниченных ресурсов между рынками продуктов, основными субъектами рынка строительного комплекса;

3. Инвестиций — исследование общепринятых моделей инвестиций и инновационных моделей оценки эффективности инвестиционно-строительных проектов;

4. Урбанизации — анализ процесса повышения роли городов, городской культуры и «городских отношений» в развитии общества.

5. Предельной полезности — исследование того, как наилучшим образом распределить средства для удовлетворения потребностей субъектов городской среды при ограниченности ресурсов.

С учетом содержательной составляющей базовых законов формирование конкурентоспособной городской среды следует производить, опираясь на следующие принципы:

- учет цикличности развития города, характеризующейся траекторией восходящего типа;
- синхронизация деятельности субъектов формирования городской среды — застройщиков (девелоперов), органов власти (муниципальных, региональных и федеральных), ресурсоснабжающих организаций;
- учет интересов всех сторон — застройщиков (девелоперов), муниципальных органов власти, городских сообществ (жителей), ресурсоснабжающих организаций;
- рост комплексной эффективности (коммерческой, бюджетной и социальной) при развитии ВУТ.

Создание конкурентоспособной городской среды, позволяет повышать жизнестойкость городов, то есть их способность учитывать и выдерживать последствия влияния кризисов, адаптироваться к изменениям с целью обеспечения устойчивого развития.

Повышение качества и комфортности проживания является базовым критерием успешного развития девелоперских проектов на высокоурбанизиро-

ванных территориях, а также стимулирует рост совокупной капитализации городских активов. Ускорение темпов развития жилищного строительства, нацеленного на формирование конкурентоспособной городской среды, позволит привлечь в город дополнительные инвестиции, качественный человеческий капитал, что послужит стимулом развития регионального строительного комплекса.

Список литературы

1. Экономика и управление жилищно-коммунальным хозяйством / *Авилова И. П., Акрстиний В. А., Банцерава О. Л., Грабовый П. Г., Грабовый К. П., Наумов А. С., Беляков С. И., Березка В. В., Бутырин А. Ю., Грабовый К. П., Демин А. В.*, и др. / Учебное пособие под общей редакцией *Грабового П. Г., Кирилловой А. Н.* / Москва, 2018. 672 с.
2. Федеральная служба государственной статистики: строительство // 2021. <https://rosstat.gov.ru/folder/14458>.
3. Стратегия развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года (проект от 06.12.2019) // 2019. <http://stroystategy.ru/docs/ПРОЕКТ%20распоряжения%20СТРАТЕГИИ-2030+.pdf>
4. *Сарченко В. И.* Свойства программ развития городской недвижимости // Экономика и предпринимательство. 2015. № 6–3 (59–3). С. 826–829.
5. Пространственная реструктуризация. Новые смыслы и правила инвестиционно-строительной деятельности / Под общ. ред. Н. Ю. Яськовой. М.: Издательство Дело, 2019. 454 с.
6. *Сарченко В. И.* Концепция рационального использования городских территорий с учетом их скрытого потенциала // Жилищное строительство. 2015. № 11. С. 9–13.
7. *Сарченко В. И.* Пространственно-территориальное развитие недвижимости // Вестник МГСУ. 2015. № 1. С. 103–111.
8. *Старовойтов Г. В.* Повышение конкурентоспособности городов России // Вестник Оренбургского государственного университета. 2004. № 8 (33). С. 56–60.
9. *Стрыгин В. А.* Определение понятия конкурентоспособности предприятия в рыночных условиях // ЭКОНОМИНФО. 2005. № 3. С. 44–47.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ И АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Нигматуллин И. Р.,

*Российская инженерная академия,
Уфимский государственный нефтяной технический университет
ул. Космонавтов 1. г. Уфа. Республика Башкортостан, Россия, 450064,
ir_nig@mail.ru*

Мингазов К. Р.,

*Уфимский государственный авиационный технический университет
ул. К. Маркса, д.12, г. Уфа. Республика Башкортостан, Россия, 450008,
tkarimr75@mail.ru*

Нигматуллин Р. Г.,

*Уфимский государственный авиационный технический университет
ул. К. Маркса, д.12, г. Уфа. Республика Башкортостан, Россия, 450008,
nigmatullin@himmotolog.ru*

Аннотация. В отличие от известных программ мониторинга смазочных материалов, учеными ООО «Химмотолог» разработана и внедрена на двигателях внутреннего сгорания автомобилей и тепловоза цифровая аналитическая система (ЦАС) для анализа ГСМ и мониторинга техники. ЦАС предназначена для поддержания техники в работоспособном состоянии, уменьшения интенсивности изнашивания деталей, предупреждения отказов и неисправностей, а также выявления их с целью своевременного устранения. ЦАС позволяет: выявить некачественные ГСМ (контрафакт); оптимизировать время замены смазочного материала в технике; уменьшить время простоя техники и затраты на техническое обслуживание; увеличить срок службы техники и его ресурс; улучшить экологическую ситуацию. В состав ЦАС входят: Универсальный индикатор; Вискозиметр В-200В; Анализатор нефтепродуктов А-100.

Ключевые слова: цифровая аналитическая система, горючесмазочные материалы, контрафактный продукт, обнаружение неисправностей, износ, универсальный индикатор, вискозиметр В-200В, анализатор нефтепродуктов А-100.

1. Введение

В результате естественного износа деталей эксплуатационные качества техники постепенно ухудшаются и она выходит из строя. Существует восемь причин отказа компонентов промышленного оборудования: трение, коррозия, усталость, граничная смазка, образование отложений, эрозия, кавитация и электрический разряд. Возникновению этих явлений способствует действие различных сил, в том числе химически активных соединений, окружающей среды, температуры и времени. С помощью мониторинга состояния масла и применения соответствующих методов измерений можно

обнаружить эти причины, предпринять соответствующие меры и предотвратить возможные неисправности [1].

Представим типичную ситуацию: предприятие приобретает грузовик с пробегом и определяет качество работающего моторного масла в химической лаборатории, в котором выявляется наличие антифриза, пыли и топлива в системе смазки. Затраты на анализ моторного масла, диагностику и ремонт для устранения обнаруженных неисправностей не превысила 50 тыс. рублей. Понятно, что затраты на восстановление двигателя при аварийном отказе составили бы куда более серьезную сумму. Конкуренция между известными производителями смазочных материалов, таких как ExxonMobil, Shell, Total, Техасо, Газпромнефть способствовало появлению услуги, по оценке качества своих продуктов при эксплуатации в технике для пользователей. Так программа мониторинга смазочных материалов под названием Total ANAC (Analysis Compared) работает уже более 50 лет, оказывая услуги клиентам по всему миру в более чем 40 филиалах. В России программа ANAC действует с 2016 года, исследовательский центр компании расположен в Санкт-Петербурге. Образцы смазочных материалов доставляются в лабораторию на исследование основных показателей качества: вязкость, механические примеси, кислотное и щелочное числа, содержанию частиц сажи, воды.

2. Теоретические и практические проблемы

Как правило, к основным причинам сбоев в работе деталей промышленного оборудования, относятся четыре механизма износа: трение, коррозия, усталость и режим граничного смазывания. Последний режим связан с адгезией и износом от трения скольжения. Продление времени работы техники, увеличение её ресурса решается контролем качества используемых ГСМ, работающих смазочных материалов и мониторингом техники [2].

2.1. Постановка задачи

Разработать и внедрить цифровую аналитическую систему для анализа ГСМ и мониторинга техники [3].

В отличие от известных программ мониторинга смазочных материалов, учеными ООО «Химмотолог» разработана Цифровая аналитическая система (ЦАС) для анализа ГСМ и мониторинга техники. ЦАС позволяет: выявить некачественные ГСМ (контрафакт); оптимизировать время замены смазочного материала в технике; уменьшить время простоя техники и затраты на техническое обслуживание; увеличить срок службы техники и его ресурс; улучшить экологическую ситуацию. В состав ЦАС входят: Универсальный индикатор; Вискозиметр В-200В; Анализатор нефтепродуктов А-100. Одним словом, ЦАС предназначена для поддержания техники в работоспособном состоянии, уменьшения интенсивности изнашивания деталей, предупреждения отказов и неисправностей, а также выявления их с целью своевременного устранения [5].

На рис. 1 универсальный индикатор «Химмотолог», предназначен для экспресс-анализа свежих и работающих моторных, трансмиссионных масел и технических жидкостей [6].



Рис. 1. Универсальный индикатор “Химмотолог”

На рисунках хроматограммы: **Рис. 2.** — моторного масла SAE 5W40 Тойота; **Рис. 3.** — моторного масла SAE 10W40 Газпромнефть; **Рис. 4.** — моторного масла 14 Г₂ЦС; **Рис. 5.** — тормозной жидкости; **Рис. 6.** — антифриза G12 40.

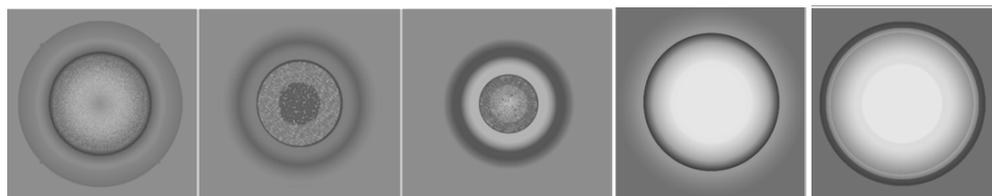


Рис. 2.

Рис. 3.

Рис. 4.

Рис. 5.

Рис. 6.

На **рис. 7.** Вискозиметр В-200А, который может одновременно измерять динамическую, кинематическую и условную вязкости, плотность и индекс вязкости.



Рис. 7. Вискозиметр В-200А

В процессе работы увеличение или уменьшение вязкости на 25 % от исходной вязкости являются браковочными показателями.

На **рис. 8.** Анализатор нефтепродуктов А-100, который определяет природу масла (синтетическое, минеральное или полусинтетическое), содержание воды в свежем и воды, антифриза в отработанном, а также время замены работающего масла по степени окисления.



Рис. 8.

На **рис. 9.** — Система контроля износа агрегата включает в себя: датчик скорости износа и температуры; вычислительный блок, передающий данные на смартфон или персональный компьютер пользователя [4].



Рис. 9.

На **рис. 10.** показана схема работы СКИА-Р — датчик скорости износа и температуры передающий преобразованные вычислительным блоком, данные в виде графика на смартфон или персональный компьютер пользователя

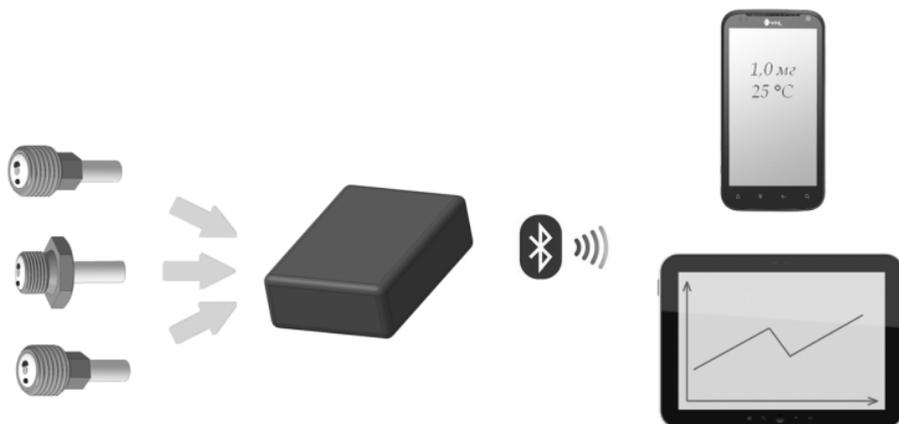


Рис. 10.

СКИА-Р позволяет пользователю в режиме онлайн видеть на экранах смартфона или персонального компьютера изменения износа и температуры масла в картере во время эксплуатации техники. Основной причиной интенсивного изменения технического состояния автомобилей является изнашивание проявляющееся в виде отделения или остаточной деформации материала. Износы могут быть естественные, ускоренные и аварийные. В процессе правильной эксплуатации техники происходит естественное изнашивание деталей.

Известно, что одним из точных способов определения исправности детали или узла, т. е. способности выполнять заданные функции, является установление предельных значений износа и температуры масла в картере, характеризующих их работоспособность. Если износ и другие параметры еще не вышли за свои предельные значения, считается, что деталь или узел работают удовлетворительно. При выходе износа или температуры за предельные значения — деталь или узел считаются отказавшими. Число отказов какого-либо узла трения, за определенный период, (интенсивность отказов в единицу времени) является основной количественной характеристикой его надежности. На рис. 11. представлена классическая кривая износа от времени работы техники, которая поясняет работу СКИА-Р

Процесс износа деталей условно делят на три периода (рис. 11) [2]. В 1-м периоде (обкатки) интенсивность изнашивания довольно высока, так как происходит истирание неровностей обработки сопряженных поверхностей деталей. Во 2-м периоде (линия естественного изнашивания, зелёного цвета) происходит равномерный износ деталей. Обычно это самый длительный период эксплуатации детали или узла трения. Красные пунктирные линии на графике свидетельствуют о резком повышении износа, о необходимости выяснения её причин. При уменьшении ресурса техники в результате длительной эксплуатации, например, уменьшают интервал тех-

нического обслуживания (замены смазочного материала и его марки, фильтров, ремонта). 3-й период (линия интенсивного износа, красного цвета) характеризуется резким увеличением скорости износа данной детали или узла и сопряженных с ними других деталей и узлов, увеличения зазоров и других причин. В 3-м периоде наиболее вероятен выход детали из строя или она может послужить причиной выхода из строя другой, сопряженной с ней детали или узла. В некоторых случаях такой износ детали и узла не создает аварийную ситуацию, т. е. не приводит к отказам, но делает работу техники экономически невыгодной. Полученные данные с датчика скорости износа и температуры сравниваются с показателем износа в идентичном двигателе работающем в аналогичных условиях (из базы статистических данных ООО «Химмотолог» и бюллетеней производителей техники).

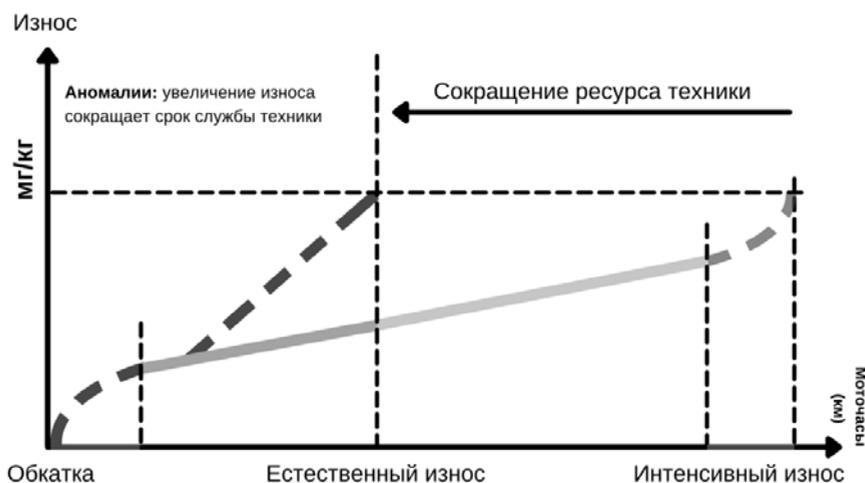


Рис. 11.

Если износ выше стандартного, ресурс техники сокращается. Обратная картина, когда кривая фактического износа более пологая, чем эталон, срок эксплуатации оборудования может быть продлен». Суть сводится к следующему: если показатели пробы не соответствуют норме (так называемый «красный» анализ), клиент заполняет специальный бланк, где пишет историю решения проблемы. Основываясь на информации, полученной от заказчиков и аккумулируемой в базе данных, программа рассчитывает процент вероятности возможных причин для «красных» результатов диагностики, ранжирует их по степени важности и дает рекомендации по устранению неисправностей, основываясь на сводках от предыдущих отправителей. Обработка полученных данных с датчика скорости износа и температуры позволяют предвидеть неполадки техники. Полученные клиентом рекомендации позволяют увеличить ему интервал замены моторных и трансмиссионных масел и снизить затраты на техническое обслуживание техники.

3. Заключение

ООО «Химмотолог» осуществляет весь комплекс работ, связанных с обслуживанием техники, включая двигатели внутреннего сгорания, компрессоры, станки, агрегаты трансмиссии и т.д. Совместно со специалистами по надежности заказчика мы проводим анализ критичности техники, выявляем конкретные причины неполадок техники. Для этого собираем статистические данные, проводим анализ количественных данных и показателей качества свежих и работающих ГСМ (с датчика скорости износа и температуры, анализатора нефтепродуктов А-100, вискозиметра В-200А, универсального индикатора). На основе собранной информации разрабатываются конкретные мероприятия по повышению надёжности техники. Наши специалисты подключения к их реальному выполнению, участвуют в анализах обнаруживаемых системой проблем, отслеживают показатели качества моторного масла (свежего и работающего) и скорости износа узлов трения и температуры в масляном картере, анализируют каждую единицу техники отдельно. ЦАС позволяет выявить некачественные ГСМ, масляный и воздушный фильтры (на первом этапе визуально, затем с использованием стендов), перед применением и контролировать в режиме онлайн скорости износа и температуры масла в картере, исключить ошибки, оперативно реагируя на малейшие изменения в работе техники, исключить её поломку.

Обслуживание техники по фактическому состоянию обеспечит значительный эффект:

- Повышение готовности оборудования за счет сокращения времени ремонта при одновременном снижении общих ремонтных затрат за счет качественного и своевременного планирования ремонтных работ;
- Исключение отказов (т.е. объем выполняемых работ также уменьшается);
- Возможность гибкого управления рисками и потерями производства за счет улучшения качества планирования при принятии решений.

Литература

1. Дж. Фитч, Д.Тройер. Анализ масел. Санкт-Петербург: Издательство ООО «ИПК БИОНТ» 2015 г. -166 с.перевод с английского языка под редакцией Е. А. Новикова, М. В. Кирюхина.
2. *Нигматуллин В. Р., Шолом В. Ю., Нигматуллин И. Р.* Контроль качества и диагностика в отраслях промышленности и транспорта — Уфа: Издательство «Белая река», 2018. — 469 с.
3. *Нигматуллин Р. Г., Нигматуллин В. Р., Нигматуллин И. Р.* Диагностика ДВС по анализу моторного масла (монография). Уфа: Издательство ГУП РБ «Уфимский полиграфкомбинат» 2011 г. 295 с.
4. Патент РФ №2677490. Заяв. 2016140590, 14.10.2016, опубл. 17.01. 2019. Бюл. № 2, 12 с.
5. Цифровая аналитическая система ООО «Химмотолог». Журнал АБС-Авто. № 12. 2017. С 34–37.
6. Патент РФ №2731818. Заяв. 2019109613 01.04.2019, опубл. 08.09. 20120. Бюл. № 25, 12 с.

ЭПОКСИДНЫЙ КОМПОЗИТ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ

EPOXY COMPOSITE WITH CARBON NANOSTRUCTURES

Ерофеев В. Т.,

*ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск
fac-build@adm.mrsu.ru*

Ельчищева Т. Ф., Макаrchук М. В.,

*ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет,
Тамбов
elschevat@mail.ru, Zenerg-lab@yandex.ru*

Erofeev V. T.,

National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk

Elchishcheva T. F., Makarchuk M. V.,

Tambov state technical University, Tambov

Аннотация: Изучено влияние добавки углеродного наноструктурного материала (УНСМ) на реологические свойства композита, изготовленного из эпоксидной смолы и отвердителя, а также композита из эпоксидной смолы, отвердителя и наноглины. Установлено, что УНСМ значительно изменяет вязкость композита, что позволяет его использовать для модификации вязкости эпоксидной смолы. Добавка в полученный состав 2% по массе наноглины позволяет производить печать по аддитивной технологии изделий больших размеров.

Abstract: The effect of adding carbon nanostructured material (CNSM) on the rheological properties of a composite made of epoxy resin and a hardener, as well as a composite of epoxy resin, hardener and nanoclay has been studied. It was found that CNSM significantly changes the viscosity of the composite, which makes it possible to use it to modify the viscosity of epoxy resin. The addition to the resulting composition of 2% by weight of nanoclay allows printing by the additive technology of products of large sizes.

Ключевые слова: углеродный наноструктурный материал, композит, аддитивная технология.

Keywords: carbon nanostructured material, composite, additive technology.

Введение

Исследования в области строительства и аддитивных технологий с применением композитов на основе полимеров вызывают активный инте-

рес [1, 2]. Основной задачей считается разработка составов композитных материалов, которые имеют лучшие физико-механические показатели, чем традиционные полимеры (акрилонитрил-бутадиен-стирол $C_{15}H_{17}N$ (ABS), полилактид $(C_3H_6O_3)_x$ (PLA) и т.д.). Изделия, напечатанные из термопластических материалов, имеют слабую связь между слоями, которая снижается при добавлении волокон и других конструкционных наполнителей [3, 4]. К недостаткам FDM-технологии 3D-печати также относится коробление изделий из-за температурных градиентов и напряжений, возникающих при печати [5].

В последнее время наблюдается значительное улучшение физико-механических характеристик термопластических материалов. Однако терморезистивные полимерные материалы являются более перспективными, в качестве исходных, для аддитивной технологии. Это связано с их высокой прочностью, жесткостью, химической стойкостью, термическими свойствами и совместимостью с существующими конструкционными и функциональными наполнителями [6, 7]. Разработан композит [7] на основе эпоксидной смолы с заполнением коротким углеродным волокном и наноглиной. Авторы работы [7] изготовили образцы с модулем упругости до 57 ГПа в направлении печати образцов и прочностью до 100 МПа поперек направления печати (температура стеклования до 160°C).

В настоящее время разработки терморезистивных материалов для аддитивной технологии только начинаются, но очевиден большой потенциал для создания новых материалов, которые позволят выполнять 3D-печать высокопрочных многофункциональных компонентов и устройств.

При 3D-печати используются сопла с ограниченным диаметром, поэтому предъявляется следующее требование к исходному материалу: он должен сужаться для прохождения через сопло до нескольких миллиметров. Это позволит печатать изделия из эпоксидного композита без необходимости немедленного отверждения слоя после нанесения. Текучесть терморезистивным смолам придают с помощью наполнителей. Частицы наполнителя имеют значительную разницу размера сторон и относительно большую площадь поверхности. Наполнители могут выполнять две задачи — придавать желаемые реологические свойства терморезистивному материалу, необходимые для 3D-печати, а также требуемые физико-механические свойства напечатанному и отвержденному изделию. Наиболее часто для изменения вязкости используют наноглину [7] или диоксид кремния SiO_2 [8].

В представленной работе была исследована возможность использования в качестве наполнителя вместо наноглины, используемой в качестве многофункционального загустителя эпоксидного композита, применяемого для 3D-печати, полученного авторами [9] углеродного наноструктурного материала (УНСМ) с высоким коэффициентом формы в виде трубок, скрученных из пластинок. На рис. 1 представлено фото УНСМ, полученное с помощью электронного микроскопа при увеличении 40000X.

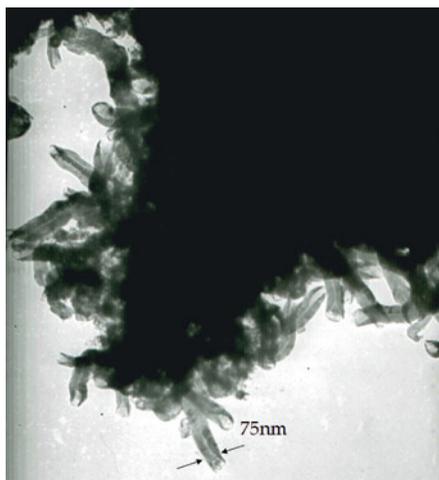


Рис. 1. Углеродный наноструктурный материал (УНСМ)

Выявлено, что композит, содержащий только УНСМ, не обладает достаточно высоким пределом текучести при сдвиге для 3D-печати образцов. Добавление небольшого количества наноглины устранило этот недостаток, а прочность полученных образцов сопоставима с прочностью чистой эпоксидной смолы (80 МПа).

1. Материалы и методы

Структура УНСМ исследовалась с помощью электронного микроскопа ЭМВ-100А (ОАО «SELMI», Украина).

Материалы для исследования: эпоксидная смола DER-330 (диглицидиловый эфир бисфенола А, DGEBA), медленный отвердитель FCH-S (The Dow Chemical Company, Германия); полученный авторами [9] углеродный наноструктурный материал (УНСМ) — трубки, скрученные из пластинок; наноглина в виде пластинок — Garamite 7305 (ВУК, Германия) — для введения в композит с целью изменения реологии эпоксидной смолы и улучшения характеристик композита для 3D-печати.

Компоненты композита смешивались магнитной мешалкой MSH-300 (Viosan, Латвия). Состав композита — 10,0 г смолы и 3,3 г отвердителя. Сначала чистая эпоксидная смола перемешивалась. В нее добавляли сначала УНСМ, затем наноглину. Каждый компонент замешивался в течении 2-х минут.

Реологические свойства композитов измерялись при нормальных условиях окружающей среды ротационным вискозиметром REOTEST RV2.1 (VEB MLW, Германия) с рабочим узлом «цилиндр—цилиндр» в диапазоне концентраций 0,5–20,0% со скоростью сдвига 0,3–1312 с⁻¹.

Полученный композит помещался в цилиндрические шприцы объемом 10 см³, которые на 5 минут укладывались на поверхность вибропривода ВП-30Т (завод «ВИБРОТЕХНИК», Россия) для удаления пузырьков воздуха, который мог попасть в шприцы.

Образцы изготавливались в силиконовых формах двумя способами. Первый способ: на шприцы устанавливаются наконечники с диаметром сопла 1,067 мм, формирование образцов из композита в формах производится послойно. Второй способ: формирование образцов производится в формах путем отливания. Образцы выполнялись размерами $61 \times 12 \times 3,2$ мм. Полученные образцы отверждались в два этапа при двух температурных режимах — сначала при 100°C в течение 24-х часов, затем — при 220°C в течение 2-х часов в сушильном шкафу. Шкаф для сушки образцов ШСУ-М1 (НПО Лаборкомплект, Россия).

2. Результаты исследования

2.1. Предварительные исследования

Для оценки перспектив исследований были проведены реологические измерения для чистой эпоксидной смолы и смеси, содержащей смолу и 10% УНСМ по массе. График зависимости динамической вязкости от скорости сдвига для образцов показан на рис. 2, а. График для чистой смолы располагается параллельно оси абсцисс. Установлено, что динамическая вязкость чистой смолы практически не зависит от скорости сдвига, что указывает на ее, преимущественно, ньютоновское поведение.

2.2. Основные исследования

Дальнейшие исследования проводились для образцов с содержанием УНСМ в композите 5, 10 и 15% по массе. Добавление УНСМ привело к увеличению динамической вязкости композитов при всех исследованных скоростях сдвига. Графики зависимости вязкости от скорости сдвига представлены на рис. 2. Динамическая вязкость при скорости сдвига $2 \cdot 10^{-2}$ 1/с для различных композитов составила, соответственно: $8 \cdot 10^2$ Па·с — при добавке 5% по массе УНСМ; $8 \cdot 10^3$ Па·с — при добавке 10% по массе УНСМ; $2 \cdot 10^4$ Па·с — при добавке 15% по массе УНСМ. Как видно, разжижение при сдвиге увеличивалось с увеличением содержания УНСМ. Однако динамическая вязкость при скоростях сдвига, характерных для тех, которые испытывают композиты во время экструзии при 3D-печати (~ 50 1/с), увеличивалась только с 60 Па·с, при добавке в образец УНСМ в количестве 5% по массе, до 100 Па·с для образцов с добавкой УНСМ 15% по массе. Для повышения динамической вязкости композита в состав была введена наноглина.

Добавление 2% по массе наноглины в композит, содержащий 15% по массе УНСМ, увеличило динамическую вязкость при всех скоростях сдвига, но не влияло на свойства разжижения при сдвиге. Положительным результатом явилось значительное увеличение текучести при сдвиге. Это не требует чрезмерного рабочего давления при выдавливании из шприца и позволяет наносить вязкий композит через тонкие сопла. Изменение модуля сдвига в зависимости от напряжения сдвига показано на рис. 3. На графике для каждого состава приводятся кривые модуля накопления и модуля потерь. Данные графики позволяют понять, насколько хорошо будет сохранять свою форму композит при изготовлении по аддитивной технологии. При содержа-

нии в составе композита 5% и 10% УНСМ модуль потерь выше, чем модуль накопления во всем диапазоне исследованных напряжений. Это указывает на то, что исследуемые составы композитов демонстрируют поведение, подобное жидкости.

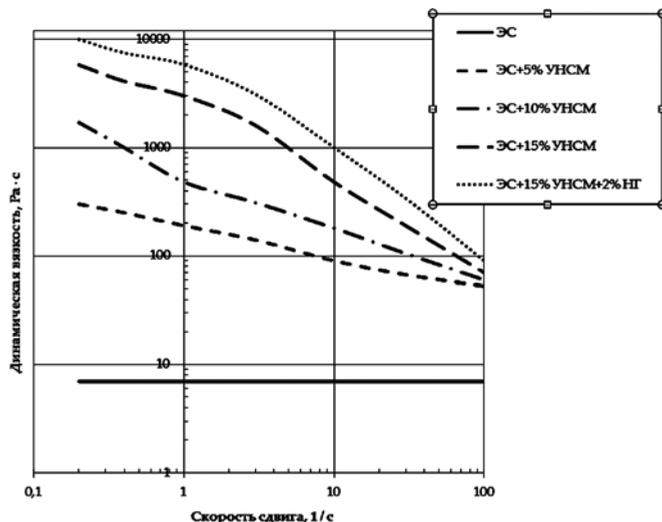


Рис. 2. Графики зависимости динамической вязкости от скорости сдвига для эпоксидной смолы и смолы с добавками УНСМ и УНСМ и наноглины (НГ)

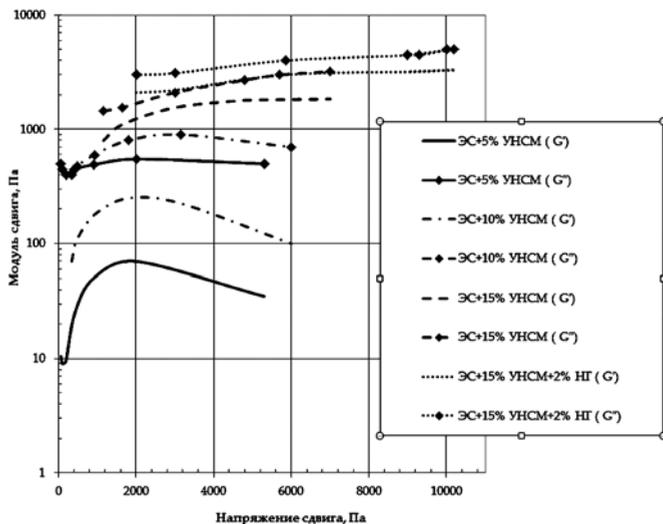


Рис. 3. Графики зависимости модуля сдвига от осциллирующего напряжения сдвига для эпоксидной смолы с добавками УНСМ и УНСМ и наноглины (НГ), где G' – графики модуля накопления и G'' – графики модуля потерь

Однако состав с содержанием 15% УНСМ показал такой предел текучести при сдвиге, который приближался к значению осциллирующего напряжения сдвига в точке перехода для модулей накопления и потерь — 70 Па [10]. Ниже этого значения модуль накопления был выше модуля потерь.

При напряжениях ниже предела текучести этот состав демонстрирует твердые свойства, которые необходимы для аддитивной технологии. Поэтому указанный состав был выбран для будущих исследований, планирующихся авторами. Добавление к смоле 15% УНСМ и 2% наноглины значительно увеличило предел текучести (до 500 Па) и увеличило модули накопления и потерь ниже предела текучести — до $2 \cdot 10^5$ Па и $1 \cdot 10^5$ Па, соответственно.

3. Выводы

Изучено влияние добавки УНСМ на реологические свойства композита, изготовленного из эпоксидной смолы и отвердителя, а также композита из эпоксидной смолы, отвердителя и наноглины. Результаты показывают, что УНСМ значительно изменяет вязкость композита, следовательно, может быть использован в качестве модификатора вязкости эпоксидной смолы. Это позволит ее использовать для 3D-печати изделий небольшого размера. Выявлено, что добавление в качестве модификатора только УНСМ недостаточно для того, чтобы композит можно было использовать для 3D-печати больших изделий. Этот недостаток устраняется добавлением в состав 2% по массе наноглины, которая увеличивает предел текучести композита при сдвиге и позволяет печатать изделия больших размеров. Исследование позволило разработать состав композита, который может применяться в аддитивной технологии.

Список литературы

1. *Parandoush P., Lin D.* A review on additive manufacturing of polymer-fiber composites // *Compos. Struct.* 2017. No. 182. Pp. 36–53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compstrua.2017.08.088>.
2. *Hofstetter T., Pedersen D.B., Tosello G., Hansen H.N., Reinf J.* State-of-the-art of fiber-reinforced polymers in additive manufacturing technologies // *Journal of Reinforced Plastics and Composites.* 2017. No. 36(15). Pp. 1061–1073. DOI:10.1177/0731684417695648.
3. *Duty C.E., Kunc V., Compton B., Post B., Erdman D., Smith R., Lind R., Lloyd P., Love L.* Structure and mechanical behavior of Big Area Additive Manufacturing (BAAM) materials // *Rapid Prototyp. J.* 2017. No. 23(1). Pp. 181–189. <https://doi.org/10.1108/RPJ-12-2015-0183>.
4. *Kishore V., Ajinjeru C., Nycz A., Post B., Lindahl J., Kunc V., Duty C.* Infrared preheating to improve interlayer strength of big area additive manufacturing (BAAM) components // *Addit. Manuf.* 2017. No. 14. Pp. 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.11.008>.

5. *Compton B. G., Post B. K., Duty C. E., Love L., Kunc V.* Thermal analysis of additive manufacturing of large-scale thermoplastic polymer composites // *Addit. Manuf.* 2017. No. 17. Pp. 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.07.006>.
6. *Lewicki J. P., Rodriguez J. N., Zhu C., Worsley M. A., Wu A. S., Kanarska Y., Horn J. D., Duoss E. B., Ortega J. M., Elmer W., Hensleigh R., Fellini R. A., King M. J.* 3D-Printing of Meso-structurally Ordered Carbon Fiber/Polymer Composites with Unprecedented Orthotropic Physical Properties // *Sci. Rep.* 2017. V. 7. P. 43401. <https://doi.org/10.1038/srep43401>.
7. *Malek S., Raney J. R., Lewis J. A., Gibson L. J.* Lightweight 3D cellular composites inspired by balsa // *Bioinspir. Biomim.* 2017. No. 12(2). P. 026014. DOI: 10.1088/1748–3190/aa6028.
8. *Пыхтин А.А., Симонов-Емельянов И.Д.* Влияние нано- и ультрадисперсных частиц диоксида кремния (SiO₂) на ударную вязкость эпоксидных полимеров // *Труды ВИАМ: электронный научно-технический журнал.* 2019. №6 (78) С. 3–12. DOI: 10.18577/2307–6046–2019–0–6–3–12
9. *Korolev A. P., Makarchuk M. V., Dutov M. N., Loskutova A. D., Firsova A. V.* Studying the Regimes of Forming Carbonic Nano-Objects on Copper Island Structure // *XIV Int. Scientific-Techn. Conf. on Actual Problems of Electronics Instrument Eng. (APEIE).* 2018. Pp. 36–38. DOI: 10.1109 / APEIE.2018.8545282.
10. *Dinkgreve M., Paredes J., Denn M. M., Bonn D.* On different ways of measuring «the» yield stress // *J. of Non-Newton. Fluid Mech.* 2016. No. 238. Pp. 233–241. DOI:10.1016/J.JNNFM.2016.11.001.

У ИСТОКОВ БИОРГАНИЧЕСКОЙ ЗЕЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

AT THE ORIGINS OF THE BIOORGANIC GREEN REVOLUTION

Гахокидзе Р. А.,

Инженерная Академия Грузии

E-mail: rgakhokidze@gmail.com

Gakhokidze R.

Georgian Engineering Academy

Аннотация. Для искоренения голода и обеспечения растущего населения Земли пищей предложена новая зеленая революция. Целью проекта является с помощью биорганической технологии повышение эффективности стимуляции, увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и избежание токсичного воздействия. Задача состоит не только в том, чтобы совершенствовать систему земледелия с учетом экономической эффективности, но и создавать ее экологически выгодной для растений. Нами разработан ряд теоретических положений и практических приемов управления жизнью растительного организма посредством активации роста и развития наиболее полного хозяйственного использования растений. На этой основе получены высокоэффективные, экологически чистые регуляторы роста растений – биоэнергоактиваторы, которые заметно повышают количество и качество урожая.

Ключевые слова: зеленая революция, голод, биоэнергоактиваторы.

Abstract. In order to meet the basic needs of the mankind, it is necessary to increase food production. The world is now on the verge of a new green revolution. The new bioorganic technology represents one of the ways of resolving the problems of famine and malnutrition. On the basis of many years of fundamental research we studied the ways of management of the vivid cell and revealed unjversal regulators of a new generation, which we named bioenergyactivators. They make it possible to gain biologically pure, high quality crop with minimal chemicalization. It is possible to increase the quantity as well as quality, of agricultural products.

Key words: green revolution, famine, bioenergyactivators.

Снабжение растущего населения планеты продуктами питания требует постоянного совершенствования систем ведения сельского хозяйства, технологических процессов, эффективного комплексного применения факторов интенсификации земледелия, расширенного воспроизводства и рационального использования плодородия почв. В мире существует достаточно возможностей для производства продовольствия в таком объеме, чтобы обеспечить каждого человека достаточным питанием. Для искоренения голода на Земле нужна зеленая революция [1]. Зеленая революция — это пример сотрудничества между учеными из развитых и раз-

вивающихся стран, объединение усилий международных и национальных исследовательских центров, применение фундаментальных научных открытий для решения практических задач в других странах. Зеленая революция должна позволить не только прокормить увеличивающееся население Земли, но и улучшить качество жизни.

Первая зеленая революция привела к чрезмерной химизации сельского хозяйства, загрязнению экосистемы, возникновению проблем с пестицидами, как источниками мутаций и раковых заболеваний у людей, что она полностью не решила продовольственную проблему.

С целью обеспечения растущего населения Земли пищей предложена новая биоорганическая технология. Целью проекта является повышение эффективности стимуляции, увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и избежание токсичного воздействия. Задача состоит не только в том, чтобы совершенствовать систему земледелия с учетом экономической эффективности, но и создавать ее экологически выгодной для растений.

Нами разработан ряд теоретических положений и практических приемов управления жизнью растительного организма посредством активации роста и развития наиболее полного хозяйственного использования растений [2–4]. На этой основе из природного сырья

получены высокоэффективные, экологически чистые регуляторы роста растений — биоэнергоактиваторы, которые не имеют аналогов в мировой практике. Они заметно повышают урожайность сельскохозяйственных культур, в частности, кукурузы в среднем повышается на 80%, фасоли — на 90%, сои — на 140%, овощных и бахчевых культур — на 150%. При этом заметно повышаются качественные показатели урожая (протеин, незаменимые аминокислоты, витамины, микроэлементы). Например, содержание важной аминокислоты — лизина в зернах кукурузы повышается на 80%, йода — на 960%, селена — на 180%.

Проблема белка — один из наиболее острых и важных в современном растениеводстве и животноводстве. Дефицит белка отрицательно сказывается на здоровье животных, снижает их продуктивность, ухудшает воспроизводство. Мировое производство растительного белка примерно в 2 раза, а животного в 3–4 раза ниже нормальной потребности в нем населения земного шара. Для дальнейшего подъема животноводства необходимо решить проблему дефицита кормового белка. При высокой и правильной агротехнике предпосевная обработка семян зерновых и кормовых культур биоэнергоактиваторами поможет поднять количество и качество (за счет повышения содержания протеина и незаменимых аминокислот) урожая. Их использование дает возможность получить продукт, богатый не только белками, но и биологически активными веществами (витаминами, микроэлементами). Содержание клетчатки в таком продукте не меняется, что позволяет широко применить его в рационах животных с простым желудком. Замена мяса соевой мукой (стимулированной биоэнергией активатором) в количестве до 10% не снижает органолептических

показателей колбас, а по химическому составу эти изделия превосходят изделия, изготовленные по действующей рецептуре.

Длительное применение неоправданно высоких доз удобрений уже привело в некоторых регионах к избыточному накоплению в почве доступных форм азота и фосфора, смыв и вымывание которых из почвы угрожает загрязнением окружающей среды.

Во всем мире идут поиски регуляторов роста, способных стимулировать рост корней или изменить их строение таким образом, чтобы усилить поглощение питательных элементов, однако эти исследования не дали пока заметных результатов.

На основе обширного теоретического и экспериментального материала нами изучены химико-биологические механизмы, определяющие доступность минеральных веществ для растений.

Биоэнергоактиваторы сильно действуют как на корнеобразование, так и на рост вегетативного размножения древесных растений. Например, они сильно стимулируют корнеобразование зимних черенков ценной декоративной породы — серебристой ели (внесена в красную книгу). Хорошее плодоношение этого древесного вида с образованием полноценных семян наблюдается один раз в 10–15 лет. В остальные годы отмечается очень слабое плодоношение и полноценные семена образуются в незначительном количестве. В связи с этим семенное размножение серебристой ели весьма затрудняется. Биоэнергоактиваторы успешно можно применять для вегетативного размножения киви, стевии и других ценных культур. Интерес к размножению растений путем черенкования еще более усиливается тем, что при этом не происходит смешения наследственных признаков и получается потомство сходное с родительским.

Вредители и болезни наносят огромный ущерб сельскому хозяйству. Насекомые, возбудители болезней и сорняки уничтожают более одной трети сельскохозяйственных культур, выращиваемых во всем мире, приводя также к ухудшению качества получаемых продуктов. Поэтому защита сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней — важнейший резерв получения высоких и устойчивых урожаев. Наиболее эффективным, производительным и экономичным способом борьбы с вредными насекомыми и болезнями является химический. химическая защита растений включает истребление, профилактические и химиотерапевтические мероприятия. Однако мировая практика показывает, что нетоксичных для человека пестицидов нет. Большинство из них оказываются канцерогенными.

В цитрусоводстве одной из важных проблем является изыскание методов борьбы против мальсекко — инфекционного усыхания лимонов, апельсинов и других цитрусовых. Гриб, вызывающий усыхание, распространяется в сосудистую систему и в период жизнедеятельности выделяет токсические вещества, отравляющие ткани растений. Поэтому борьба против этой болезни затруднена. Болезнь наносит серьезный ущерб. В борьбе с мальсекко

главную роль должна сыграть иммунизация растений с применением различных химических веществ. Биологическая активность препаратов изучалась на фоне с искусственным заражением. Под действием биоэнергоактиваторов заболевание не отмечалось, тогда как контрольные (необработанные) растения погибли через 4 месяца. Механизм действия биоэнергоактиваторов связан с их влиянием на функциональном состоянии мембран.

Химизация сельского хозяйства должна гарантировать высокое качество продукции и ее безопасность для потребителя. Она не должна причинять вреда полезной фауне, не накапливаться в окружающей среде и, следовательно, не загрязнять ее. В перспективе широкое распространение получают только те препараты, которые будут соответствовать новым стандартам: обладать специфическим действием по отношению к вредителям, не проявлять токсичности относительно человека и полезных животных, быть биоразрушаемыми, не загрязнять почву, воду и атмосферу своими остатками.

Выработка устойчивости растений к насекомым-вредителям и другим внешним факторам, основанная на максимальном использовании механизмов фитоиммунитета — практичный и, в сущности, идеальный метод борьбы с вредителями.

Искусственную иммунизацию растений можно считать одним из мощных средств в деле повышения устойчивости растений против заболеваний и различных неблагоприятных влияний. Этот путь не опасен для человека и окружающей среды, так как в данном случае можно использовать нетоксичные для человека соединения, влияющие на те или иные звенья метаболизма растений и, вероятно, он даст более стабильный защитный эффект, чем традиционный химический метод. Биоэнергоактиваторы могут быть использованы в качестве высокоэффективных средств повышения устойчивости растений.

Биоэнергоактиваторы и сельскохозяйственные продукты, полученные с их с помощью, проявляют высокие антиоксичные и антимуtagenные свойства. Сельскохозяйственные продукты, полученные с помощью новой технологии, являются экологически чистыми и благодаря содержанием полезных веществ и вкусовым качествам являются особенно важным в детском питании.

Literature

1. *Kilby P.* The Green Revolution: Routledge, 2020, 120p.
2. *Gakhokidze R.* Effects of Bioenergyactivators of Productivity of Plants. In: Chemistry Of Advanced Compounds And Materials: New York, Nova Science Publishers Inc., 2008, 269p.
3. *Gakhokidze R, Pirtskheliani A.* Antimutagenic and Anticitotoxic Activity of Bioenergyactivators. In: Advanced Biologically Active Polyfunctional Compounds and Composites: New York, Nova Science Publishers Inc., 2010, 311p.
4. *Gakhokidze R.* Bioorganic Green Revolution: Zambia, Zumran Group, 2018, 138p.

О РАБОТЕ КУБАНСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РИА ПО ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНОЙ СМЕНЫ

ABOUT THE WORK OF THE CUBAN DEPARTMENT OF RIA ON TRAINING ENGINEERING CHANGE

Касьянов Г. И.,

*Кубанский государственный технологический университет, Россия,
г. Краснодар,
350072, ул. Московская, 2, g_kasjanov@mail.ru*

Бережной С. Б.,

*Краснодарский колледж управления, техники и технологий, Россия,
г. Краснодар,
350075, ул. Стасова, д. 182/1*

Запорожский А. А.,

*Кубанский государственный технологический университет,
Россия, г. Краснодар*

Kasyanov G. I.,

*Kuban State Technological University, Russia, Krasnodar,
350072, st. Moskovskaya, 2, g_kasjanov@mail.ru*

Berezhnoy S. B.,

*Krasnodar College of Management, Engineering and Technology, Russia, Krasnodar,
350075, st. Stasova, 182/1*

Zaporozhsky A. A.,

Kuban State Technological University, Russia, Krasnodar

Аннотация. Цель исследования – анализ основных этапов развития деятельности отделения в популяризацию профессии инженера. В статье представлены материалы истории инженерного труда, задачах отделения РИА на современном этапе, о престиже инженерной профессии, о работе Кубанского отделения РИА по подготовке инженеров в КубГТУ и специалистов среднего звена ассоциированным членом отделения – Краснодарским колледжам управления, техники и технологий.

Annotation. The purpose of the study is to analyze the main stages of development of the department's activities in the popularization of the engineering profession. The article presents materials on the history of engineering work, the tasks of the RIA department at the present stage, on the prestige of the engineering profession,

on the work of the Kuban branch of RIA on the training of engineers at KubGTU and mid-level specialists by an associated member of the department – Krasnodar Colleges of Management, Engineering and Technology.

Ключевые слова: Российская инженерная академия, Кубанское отделение, профессия инженера

Annotation. Keywords: Russian Engineering Academy, Kuban branch, engineer profession

Российская инженерная академия является признанным лидером инженерной науки и образования в стране [1]. Сравнительно новым направлением в деятельности отделений академии стала «Пищевая технология», закрепленная за Кубанским отделением РИА. Среди разработок сотрудников КубГТУ следует выделить работы по совершенствованию технологии переработки мясного, молочного и рыбного сырья [1], а также по хранению и переработке плодового сырья [2,3].

Сотрудниками Института машиностроения и автомобильного сервиса КубГТУ запатентованы лабораторная установка и устройство для суммирования механической энергии [4,5]. Известен ряд публикаций по проектированию холодильных машин и установок [6,7].

Проблемы биотехнологии и экологии подробно освещены в материалах международной конференции [8]. На этой конференции были заслушаны доклады по совершенствованию технологии натуральных овощных и закуочных консервов [9] и о товароведных аспектах коррекции рационов питания персонала, работающего в условиях низких температур [10]. На Всероссийской конференции по применению инженерных технологий в сельском и лесном хозяйстве обсуждалась проблема о способах переработки плодов и ягод в напитки и нектары [11].

Анализ ряда публикаций, связанных с работой РИА и ее Кубанского отделения, выявил необходимость обсудить роль инженерного сословия в жизни и развитии страны.

Эти вопросы будут обсуждаться 18 мая 2021 г. на проводимой в г. Краснодаре международной конференции под эгидой РИА.

Экскурс в историю инженерной специальности. Понятие «инженерная деятельность» настолько многогранная, что ее нельзя однозначно отнести ни к истории науки, ни к истории техники. Нелегко давалось человечеству освоение и преобразование мира, для этой цели требовались упорные и талантливые люди, творцы техники далекого прошлого.

В течение долгого пути инженерная деятельность была направлена на преобразование природного мира с использованием орудий труда. Со временем, из ранее не престижной технической деятельности, инженерная деятельность становится популярной. Машинная индустрия вызвала появление профессии инженер-промышленник и появилась необходимость готовить кадры для решения инженерных проблем.

Сегодня инженеру присуща функция анализа и технического прогнозирования, связанных с удовлетворением потребностей производства. Сформирован передовой отряд инженерных «зубров», в лице руководителей и ведущих специалистов корпораций и холдингов, исследовательских и проектных бюро и институтов.

Инженер-исследователь завтрашнего дня, владеющий функцией системного проектирования, должен включиться в поиск схем технического переустройства, с использованием законов естественных и технических наук. Должен появиться инженер-системотехник, способный осуществлять экспертную оценку создания сложных и не традиционных технических, как их называют, «человеко-машинных» систем. Должна появиться возможность проведения постоянного диагностического анализа, раскрывающего резервные и узкие места производства.

О поднятии престижа инженерной специальности. Инженерные кадры на Кубани готовит единственный вуз — Кубанский государственный технологический университет. В обновленной стратегии страны встала задача существенно повысить фундаментальную, профессиональную и экономическую подготовку выпускников. Возникла необходимость возрождения национального промышленного потенциала специалистов, на основе высоких технологий на уровне мировых стандартов. Приоритеты индустриального развития России требуют начать структурную перестройку сферы материального производства, укрепления научно-технического потенциала. Этому движению препятствует то обстоятельство, что на протяжении 20 лет не вкладывались значимые инвестиции в технологический рост, в то время как обновление техносферы повысило требования к инженерному образованию и самой профессии инженера.

Проходит пора так называемых «линейных инженеров», которые встраиваются в существующий технологический процесс стабильных отраслей промышленности. Возникает потребность в инженерах мыслящих не стандартно, умеющих видеть реальные проблемы, предлагать варианты их решения. Подготовка узких специалистов — инженеров-механиков или инженеров-технологов по многочисленным специальностям, уже не успешна на рынке труда. Нежизнеспособность узких специалистов связана с тем, что скорость изменения высоких технологий меняется каждые 3–4 года. И пока университет, по нынешней болонской системе, готовит бакалавров в течение 4 лет и еще в магистратуре 2 года, то изучаемая технология безнадежно устаревает и уходит с рынка. С появлением IT-технологий в индустриальных сферах, требуется их полная перестройка, а наша страна опять оказывается в роли догоняющих западные технологии. Локомотивом перестройки должны стать междисциплинарные, прорывные технологии, разработать и довести их от идеи до внедрения в производство могут только мыслящие системно инженеры-лидеры.

Подготовку специалистов такого уровня могут только творческие работники вузов, имеющие не только научный и производственный опыт, но и постоянно работающие в связке с IT-компаниями и фирмами.

О работе Кубанского отделения РИА по развитию связей науки с производством. За пятилетний период работы, под эгидой Российской инженерной академии в Краснодаре проведен ряд конференций международного уровня. Наиболее значимые из них: «Инновационные технологии переработки сырья животного происхождения», Краснодар: КубГТУ, 20 февраля 2015; конференция «Достижения и проблемы современных тенденций переработки сельскохозяйственного сырья: технологии, оборудование, экономика», Краснодар: КубГТУ, март 2016; конференция «Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья; импортоопережение». – Краснодар: КубГТУ, 2016; конференция «Инновационные технологии и безопасность пищевых продуктов», Краснодар: КубГТУ, 2018; конференция «Технологические особенности производства и применения CO₂-экстрактов из растительного сырья». Краснодар: КубГТУ, 2018; и конференция «Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения». Краснодар: КубГТУ, 2020.

За этот период подготовлены и проведены научно-технические и инженерные мероприятия в 12 отраслевых учреждениях края. Прочитано более 60 лекций о современном состоянии науки и техники.

Структура Кубанского отделения РИА

- Секция машин и аппаратов пищевых производств
- Секция технологий переработки растительного и животного сырья;
- Секция газожидкостных технологий
- Секция защиты объектов интеллектуальной собственности

Информация о коллективных членах Кубанского отделения

- Краснодарский краевой Совет ВОИР;
- Институт пищевой и перерабатывающей промышленности КубГТУ;
- Институт машиностроения и автосервиса КубГТУ;
- Краснодарский колледж управления, техники и технологий;
- ООО «Плазма К».

Научно-исследовательская деятельность Кубанского отделения

Ученые и специалисты Кубанского отделения РИА проводят исследования в области инженерного обеспечения деятельности пищевых и перерабатывающих предприятий Краснодарского края. За последние 5 лет издано 29 монографии и 9 учебных пособий. Получено 144 патента Российской Федерации на изобретения, полезные модели и Программы для ЭВМ..

О работе Краснодарского колледжа управления, техники и технологий. Колледж основан 12.07.2001 г. вначале на базе КубГТУ, а затем получил самостоятельность. Здесь работает 50 штатных преподавателей и столько же совместителей. Учащиеся колледжа изучают основы банковского дела,

экономики и бухгалтерского учета, градостроительной деятельности, перевозок и управления на транспорте, переработки нефти и газа, программирования в компьютерных системах и другие специальности. За 20 лет своей работы колледж выпустил свыше 5 тыс. специалистов среднего звена для предприятий и организаций Краснодарского края. Наиболее успешные выпускники продолжили образование в вузах и стали первоклассными специалистами. Колледж имеет тесные связи с коллективом «Южного завода тяжелого станкостроения», в цехах которого проходят производственную практику учащиеся колледжа (рисунок).



Рис. 1. Производственную практику студенты КубГТУ и колледжа проходят в цехах ООО «Южный завод тяжелого станкостроения»

Заключение

Выполнена основная цель исследования — проанализированы исторические этапы развития инженерной деятельности и вклад коллектива Российской инженерной академии в популяризацию профессии инженера. В работе представлены не только материалы по истории инженерного труда, но и освещены задачи РИА и ее отделений на современном этапе, рассмотрен вопрос о престиже инженерной профессии, приведены сведения о работе Кубанского отделения РИА, о подготовке специалистов среднего звена ассоциированным членом отделения — Краснодарским колледжем управления, техники и технологий.

Сделан вывод о необходимости подготовки в вузе «инженерного спецназа», способного овладеть компетенциями высоких технологий.

Литература

1. *Гусев Б. В.* Российская инженерная академия — мощный двигатель интеграции инженерного сообщества // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал, № 2, 2015. С.31–46.
2. *Мишанин Ю. Ф., Касьянов Г. И., Запорожский А. А.* Рациональная переработка мясного и рыбного сырья. — СПб.: Издательство Лань, 2020. — 720 с.
3. Патент на изобретение № 2726434. Способ хранения плодов / *Назарько М. Д., Касьянов Г. И., Лобанов В. Г., Кириченко А. В., Овчинникова Е. И.* Заявка № 2019131314, заявлено 02.10.2019, опубликовано 14.07.2020.
4. Патент на полезную модель RU № 178697. Лабораторная установка для моделирования уравнивания сил инерции кривошипно-ползунного механизма с оппозитным расположением ползунков / *Война А. А., Бережной С. Б.* Заявка № 2017141855, заявлено 30.11.2017, опубликовано 17.04.2018.
5. Патент на полезную модель RU № 181468. Накопитель механической энергии с упругими элементами / *Война А. А., Бережной С. Б., Каплюхин А. Э.* Заявка № 2017141852, заявлено 30.11.2017, опубликовано 16.07.2018.
6. *Сязин И. Е., Касьянов Г. И., Гукасян А. В.* Проектирование поршневого холодильного компрессора Краснодар: Экоинвест, 2020. 104 с.
7. *Сязин И. Е., Касьянов Г. И., Гукасян А. В.* Холодильные машины и холодильные установки. Том 1 Теоретико-практические основы. Краснодар: Экоинвест, 2020. 188 с.
8. Материалы международной научно-практической конференции «Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения», Краснодар: КубГТУ, 2020. 522 с.
9. *Касьянов Г. И., Иванова Е. Е., Мишкевич Э. Ю.* Совершенствование технологии натуральных овощных и закусочных консервов. В сборнике: Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения. Материалы международной научно-практической конференции. Краснодар, 2020. С. 485–492.
10. *Мишкевич Э. Ю.* Товароведные и гигиенические аспекты коррекции рационов питания персонала, работающего в условиях низких температур. В сборнике: Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения. Материалы международной научно-практической конференции. Краснодар, 2020. С. 509–516.
11. *Мишкевич Э. Ю., Романец И. И., Христюк А. В.* Способы переработки плодов и ягод в напитки и нектары. В сборнике: Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции. Ответственный редактор: *Иванов А. С.*, 2020. С. 238–242.

О РАЗРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ТРАНСФОРМИРУЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ, ОПТИМИЗИРУЮЩЕЙ ЕГО СВОЙСТВА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

ABOUT DEVELOPMENT OF A SPACECRAFT WITH A TRANSFORMABLE STRUCTURE THAT OPTIMIZES ITS PROPERTIES AS A CONTROL OBJECT

Симоньянц Р. П.,

*Член-корреспондент Международной инженерной академии
МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва
rps@bmstu.ru*

Simonyants R. P.,

*Corresponding members of the International Academy of Engineering
Bauman Moscow State Technical University, Moscow*

Аннотация. Показана актуальность разработки космического аппарата (КА) с трансформируемой конструкцией, при которой на основе принципа параметрического управления обеспечивается оптимизация его свойств как объекта управления. Рассматривается предыстория вопроса и перспективные задачи, как, например, парирование возмущающих моментов, диагонализация тензора инерции КА, адаптационная трансформация КА, обеспечивающая оптимальное силовое взаимодействие с окружающей средой.

Abstract. The urgency of the development of a spacecraft (SC) with a transformable structure is shown, in which, on the basis of the principle of parametric control, the optimization of its properties as a control object is ensured. The background of the issue and promising problems are considered, such as parrying disturbing moments, diagonalization of the spacecraft inertia tensor, adaptive transformation of spacecraft, which ensures optimal force interaction with the environment.

Ключевые слова. Космический аппарат, трансформируемая конструкция, параметрическое управление, объект управления, тензор инерции, адаптация

Keywords. Spacecraft, transformable structure, parametric control, control object, tensor of inertia, adaptation

Введение. В практике проектирования летательных аппаратов (ЛА) существует определённая дифференциация работ. Это обусловлено исключительной сложностью каждой из систем в составе ЛА и требованием глубокой специализации разработчиков этих систем. Разработчик аппарата в целом для выполнения целевых задач выбирает рациональный состав служебных

систем и наилучшим образом размещает их на аппарате, учитывая особенности функционального взаимодействия.

Поскольку сам ЛА представляет собой сложную систему, при своём создании он требует комплексной проработки. Выполняют широкий круг исследований совместного функционирования всех систем в процессе управляемого движения. Опыт показывает, что нелинейный характер взаимодействия систем порождает синергетические эффекты: эволюционные изменения параметров одних из систем при определённых условиях вызывает бифуркационные изменения свойств других систем и, как следствие, системы в целом.

Этим обусловлена необходимость проектных исследований совместного функционирования систем ЛА. Наиболее актуальны эти вопросы в случае ЛА с трансформируемой конструкцией. К ним относятся конструкции с выдвигающимися, разворачивающимися, перемещающимися элементами. Причин такой трансформации много. Следствие таких трансформаций — изменение центровки и тензора инерции ЛА что, в свою очередь, приводит к существенным изменениям режимов движения центра масс, тепловых режимов, режимов управления ориентацией и стабилизации.

Актуальность проблемы связана с тем, что изменения режимов управляемого движения могут носить скачкообразный характер, в том числе могут быть катастрофическими. С другой стороны, целенаправленные изменения инерционных и центровочных параметров могут, напротив, создать исключительно благоприятные режимы, например, чрезвычайно экономичные. Исследования взаимодействия трансформации конструкции и динамики управления не следует ограничивать задачами анализа. Синтез системы трансформации ЛА позволит решить ряд оптимизационных задач управления, удивительных по своей эффективности.

Предыстория вопроса. Принцип параметрического управления путём перемещения подвижной массы внутри ЛА впервые был предложен академиком В. Н. Челомеем в применении к спускаемому в атмосфере космическому аппарату. Совместно с Н. Г. Сагателян в 60-ые годы минувшего столетия им было получено авторское свидетельство на изобретение. Позже, в 1970, академик Б. Н. Петров с коллегами [1] исследовал динамику входящих со сверхзвуковыми скоростями в атмосферу Земли спускаемых космических аппаратов, используя этот принцип изменения центровки для управления углом атаки.

Идея замечательна тем, что позволяет преодолеть проблемы, связанные с чрезвычайно напряжённым тепловым режимом на внешней поверхности КА. Такая система не имеет органов управления на внешней поверхности и экономична по весовым затратам. Она пригодна как для режима ручного управления, так и для автоматического спуска. Её главное достоинство — простота и надёжность маневра спуска. Однако, разработку такой системы управления необходимо производить совместно с разработкой конструкции корпуса КА.

Такой КА следует классифицировать как аппарат с внутренней трансформацией конструкции. К классу аппаратов с внешней трансформацией конструкции необходимо отнести летательные аппараты с переменной конфигурацией аэродинамических поверхностей. Первым в мире примером такой конструкции является знаменитая ракета В. Н. Челомея с раскрывающимся в полёте крылом. Развитием идеи В. Н. Челомея является крыло изменяемой стреловидности.

Изменяемая стреловидность крыла повышает эффективность летательного аппарата, позволяет при умеренной тяге обеспечить высокие лётные характеристики в широком диапазоне высот и скоростей полёта. Разработка такой трансформируемой конструкции, не может быть выполнена независимо от системы управления. Первые исследования по этой проблеме были выполнены академиком Б. Н. Петровым с коллегами [2].

Теоретические и экспериментальные исследования позволяют оценить влияние переменной стреловидности крыла на аэродинамику. Особенность динамики ЛА с такой трансформацией конструкции заключается в том, что изменяются не только аэродинамические характеристики, но и моменты инерции, и координаты центра масс. Поэтому традиционные технологии проектирования ЛА дополняются исследованиями влияния трансформаций конструкции на устойчивость и управляемость, на его динамические свойства, как объекта управления.

Ещё в 60-е годы прошедшего столетия в АО «ВПК «НПО машиностроения» была теоретически проработана и доложена на научно-технической конференции предприятия идея параметрического гашения начальных угловых скоростей стабилизируемого градиентом гравитации спутника, за счёт периодического перемещения подвижной массы. Годы спустя эта работа была депонирована и опубликована в издании ВИНТИ [3]. В 1972 году немецкие авторы М. Хиллер и П. Сагиров опубликовали исследование аналогичной задачи демпфирования колебаний спутника изменением распределения масс [4]. Позже, в 1976 г., американцы Б. Г. Кунсив и М. Х. Каплен решили задачу оптимального устранения беспорядочного вращения большого пилотируемого космического корабля с помощью внутренней подвижной массы [5].

Исследуются задачи о гравитационной стабилизации по отношению к плоским возмущениям двух диаметрально противоположных положений относительного равновесия спутника на круговой орбите. На основе принципа качелей строится непрерывный закон управления подвижной массой, который обеспечивает стабилизацию оси симметрии спутника относительно местной вертикали и переориентацию спутника его переводом из одного устойчивого положения в другое.

Задача параметрического демпфирования либрации КА с гравитационной системой стабилизации с помощью подвижной массы продолжает привлекать исследователей. Например, в [6] исследуются задачи о гравитационной стабилизации по отношению к плоским возмущениям двух диаметрально противоположных положений относительного равновесия

спутника на круговой орбите. Идея эта привлекает простотой и отсутствием расхода топлива. Но её практическая реализация требует специальных элементов конструкции и механизмов, дополнительных затрат электроэнергии, электромеханических приводов с реверсивным перемещением подвижной массы, наличия датчика положения (или скорости). Иными словами, такая система успокоения и демпфирования должна проектироваться совместно с трансформируемой конструкцией корпуса.

Перспективные задачи. Идея параметрического управления движением применением принципов трансформации конструкции позволяет существенно улучшить характеристики ЛА. Рассмотрим несколько типов задач, которые могут быть эффективно решены за счёт трансформации конструкции.

Трансформация в целях парирования возмущений от эксцентриситета вектора тяги маршевого реактивного двигателя в процессе управления движением центра масс ЛА по траектории. Для решения этой задачи необходимо иметь средства идентификации возмущения от эксцентриситета тяги и средства управления этим эксцентриситетом за счёт изменения положения центра масс относительно вектора тяги.

Известны частные решения задачи управления эксцентриситетом вектора тяги — поворот сопла двигателя и поворот самого двигателя. Могут рассматриваться и такие варианты внешней трансформации конструкции ЛА: поворот двигательного отсека как целого; поворот любого иного отсека, включая блок полезной нагрузки или отдельно вынесенные на специальных штангах элементы конструкции. Внутренняя трансформация конструкции может быть реализована во множестве вариантов схем перемещения подвижных масс — отдельных блоков внутри одного или нескольких отсеков ЛА.

Эффективность различных схем трансформации конструкции по определённым критериям надлежит исследовать комплексно, с учётом системы управления движением ЛА. В числе основных критериев оценки — простота конструкции, надёжность, минимальные затраты массы, энергии и др. Очевидно, что для каждой конкретной проектной задачи будет свой рациональный вариант, который даст существенное улучшение характеристик ЛА как системы в целом.

Идентификация величины эксцентриситета может быть осуществлена соответствующими программными средствами БЦВМ на основе анализа наблюдений динамики движений ЛА, реализуемых в тестовом режиме. Управление положением центра масс относительно строительных осей могут обеспечить специальные механизмы и приводы.

Количество и величины подвижных масс, их геометрию размещения на борту ЛА, кинематику и динамику перемещений, компоновку и конструкцию следует разработать так, чтобы наилучшим образом удовлетворить предъявляемым требованиям. В результате будет создана система, радикально отличающаяся в лучшую сторону от традиционных систем.

Основные достоинства этой системы: 1). Значительные изменения центровки ЛА могут быть достигнуты без существенного увеличения его общей

массы, например, за счёт перемещения отдельных блоков друг относительно друга или изменением конфигурации механических связей между ними. 2). Крутящие моменты от регулируемого эксцентриситета вектора тяги маршевого двигателя при надлежащем формировании закона управления подвижными массами могут эффективно осуществлять стабилизацию корпуса ЛА, обеспечивая требуемую точность реализуемого манёвра. 3). Силовая нагрузка на систему управления ориентацией и угловой стабилизации существенно снизится, что приведёт к значительному снижению массы системы и затрат энергии на её функционирование.

Диагонализация тензора инерции стабилизируемого вращением ЛА. За счёт трансформации вращающейся конструкции ЛА, обеспечивается симметрия распределения масс относительно центральных строительных осей координат. При этом произведения инерции (центробежные моменты инерции) обнуляются, тензор инерции принимает диагональный вид, оси эллипсоида инерции совмещаются со строительными осями.

Диагонализация тензора инерции ЛА актуальна во всех случаях использования стабилизации вращением. Из них можно выделить два основных случая. 1). Коррекция траектории полёта приложением импульса тяги реактивного двигателя. 2). Долговременная стабилизация оси вращения космического аппарата в инерциальном пространстве.

Стабилизация вращением может обеспечить наипростейшее, а потому и самое надёжное, самое экономичное решение. Большое значение имеет возможность реализации требуемой точности импульса тяги двигателя, за счёт регулирования инерционных характеристик ЛА. В любом случае угловое рассогласование между главной центральной осью инерции и стабилизируемой строительной осью негативно отражается на точности решения целевой задачи и его следует минимизировать. При помощи диагонализации точность ориентации стабилизируемой оси можно существенно повысить.

При реализации такой системы необходимо, в первую очередь, выполнить идентификацию тензора инерции. Для этого следует создать программу, позволяющую рассчитать компоненты тензора на основе показаний датчика углового положения. Идея построения расчётной модели при разработке программы может быть основана на результатах анализа параметров наблюдаемого движения [7].

Адаптационная трансформация конструкции космического аппарата (КА), обеспечивающая оптимальное силовое взаимодействие с окружающей средой. Известно, что моменты сил аэродинамики, гравитации, магнитного поля и солнечной радиации оказывают на угловое движение КА определённое воздействие, которое зависит от свойств и геометрии наружной поверхности, от внутреннего распределения масс конструкции и от состояния собственных магнитных полей КА. В общем случае эти моменты препятствуют работе системы управления ориентацией, обеспечивающей требуемое положение строительных осей КА в пространстве. Такие моменты считаем возмущающими, система управления с ними борется, затрачивая значительные ресурсы массы, энергии, полезного объёма и проч.

Но при определённой конфигурации геометрических форм поверхности КА и определённом распределении масс относительно строительных осей, те же моменты оказывают восстанавливающее действие, стабилизируя требуемое положение КА. Допустим, что конструкцию КА можно рационально разделить на некоторое количество модулей и блоков, связав их между собой регулируемы узлами механической связи. Узлы эти устроены так, что позволяют в определённых пределах управлять взаимным расположением связываемых ими блоков и модулей.

Каждому положению требуемой ориентации строительных осей КЛА в пространстве (по программе полёта) может быть поставлена в соответствие такая геометрия форм внешней поверхности и такую геометрию масс перемещаемых модулей и блоков, которым отвечают нулевые значения суммарного момента взаимодействия с окружающими физическими полями. Это — положения равновесия конструкции в пространстве. Найти такие положения можно численным моделированием задачи пространственного движения этой конструкции с учётом действия рассматриваемых моментов.

Тогда проектная задача адаптационной трансформации конструкции КА может быть сведена к поиску таких конструктивных схем механизма трансформации, таких структур системы регулирования и таких алгоритмов управления, которые наилучшим образом приводят трансформируемую конструкцию к положению устойчивого равновесия.

В результате произведённой трансформации космический аппарат адаптируется к внешней среде, превратив возмущающие воздействия в стабилизирующие. При этом принципиально меняются условия функционирования системы стабилизации — снижается нагрузка на исполнительные органы, снижается расход энергии на стабилизацию, снижается масса системы. Возникают условия, при которых от традиционных исполнительных органов системы угловой стабилизации можно отказаться вообще, ограничившись только механизмами адаптационной трансформации конструкции.

Известны случаи применения управления трансформацией конструкции КА при возникновении нештатных ситуаций. Например, в [8] описана ситуация, возникшая в полёте спутника «Океан-0» в 2000 году. В условиях сильных вариаций плотности атмосферы из-за повышенной активности Солнца система управления с инерционными двигателями-маховиками утратила свою эффективность. Для восстановления работоспособности системы использована панель солнечной батареи. Для принятия решений по надлежащей трансформации конструкции КА работал весь персонал проектной организации. При этом возникла качественно новая комплексная проблема оперативного управления КА.

Описанный случай относится к управлению в ручном режиме. Для разработки алгоритмов автономного управления процессом трансформации конструкции должны использоваться интеллектуальные системы управления космическими аппаратами [9]. При этом разработка конструкции космиче-

ского аппарата должна осуществляться на всех этапах проектирования совместно с разработкой системы управления его движением [10].

4. Выводы. Показана актуальность разработки трансформируемой конструкции ЛА с учётом её свойства как объекта управления. Отмечено, что принцип параметрического управления путём изменения параметров конструкции, например, перемещения подвижной массы, имеет большие перспективы. Даются рекомендации по проведению ряда проектно-исследовательских работ по тематике, объединяющей проблемы конструирования и управления.

Список литературы

1. *Петров Б. Н., Агеев Ж. С., Викторов Б. В., Уколов И. С.* Управление углом атаки космического аппарата посредством изменения центровки. / Космические исследования, т. 8, вып. 6. — М.: 1970, с. 855–861
2. *Петров Б. Н., Агеев Ж. С., Викторов Б. В., Уколов И. С.* О влиянии изменения стреловидности крыльев на динамику процессов управления. //Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1970, № 3. С. 190–195.
3. *Симоньянц Р. П., Шумилов И. М.* Параметрическое демпфирование в системе гравитационной стабилизации. Статья в сб. ВИМИ ВИНТИ, Рег. №193434. — М.: 1973.
4. *Хиллер М., Сагиров П.* Демпфирование колебаний спутника изменением распределения масс. (ФРГ) / Сб. «Управление в космосе», т. 1. Изд-во «Наука». — М.: 1972. С. 126–136.
5. *Кунсив Б. Г., Каплен М. Х.* (США) Оптимальная система устранения беспорядочного вращения большого пилотируемого космического корабля с помощью внутренней подвижной массы. / Сб. Управление в пространстве», т. 2. Изд-во Наука. — М.: 1976. С. 30–38.
6. *Асланов В. С., Безгласный С. П.* Гравитационная стабилизация спутника с помощью подвижной массы // Прикладная математика и механика, 2012, том 76, вып. 4. С. 563–573
7. *Эленгрин Г., Эмье Дж., Хернандес К.* (Франция) Последовательная идентификация инерционного тензора КЛА. Управление в пространстве», т. 2. Изд-во Наука. — М.: 1975. С. 42–49.
8. *Иванов Н. М., Соколов Н. Л.* «Океан-0»: два года полета // Земля и Вселенная, Академический научно-издательский центр «Наука», Москва, №1, 2002. С. 3–13.
9. *Соколов Н. Л., Селезнева И. А., Корниенко Ю. А.* Использование интеллектуальных систем в управлении космическими аппаратами // Лесной вестник, 2015, № 3. Москва. С. 29–36.
10. *Симоньянц Р. П.* О проектировании трансформируемой конструкции летательного аппарата совместно с разработкой системы управления // Аэрокосмические технологии, 2010–2012: Сборник научных трудов. Статьи и материалы научных конференций. / Под ред. *Симоньянца Р. П.* — М.: Совместное издание ОАО «ВПК «НПО машиностроения» и МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2012. — С. 52–58/

**УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
НИЗКОЧАСТОТНЫХ УДАРНО-ВИБРАЦИОННЫХ
И СРЕДНЕЧАСТОТНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ
CONCRETE MIX COMPACTION UNDER LOW-FREQUENCY
SHOCK-VIBRATION AND MEDIUM-FREQUENCY
SYMMETRIC MODES**

Гусев Б. В.,

докт. техн. наук, проф., акад. РИА, РУТ (МИИТ)

Кудрявцева В. Д.,

канд. техн. наук, доцент РУТ (МИИТ)

Оленич Д. И.,

*старший преподаватель РУТ (МИИТ)
Российский университет транспорта (МИИТ)*

Gusev B. V.,

Doctor of Technical Sciences, Prof., Acad. RAE, RUT (MIIT)

Kudryavtseva V. D.,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, RUT (MIIT)

Olenich D. I.,

Senior Lecturer, RUT (MIIT) Russian University of Transport (MIIT)

Аннотация: Вибрационные процессы являются основными видами воздействий при уплотнении бетонных смесей. В настоящее время основным способом уплотнения являются среднечастотные режимы с частотой порядка 50 Гц. Однако скорость уплотнения, эффективность уплотнения может быть увеличена при применении, особенно на первой стадии, низкочастотных ударно-вибрационных режимов. Такие режимы позволяют получать так же качественные нижние поверхности изделия.

Ключевые слова: вибрация, среднечастотные режимы, ударно-вибрационные режимы, ускорения, скорость уплотнения, пористость – водопоглощение, прочность.

Annotation: Vibration processes are considered to be the key types of impacts when compacting concrete mixtures. Currently, the leading method of compaction is medium frequency modes with the frequency of approximately 50 Hz. However, the compaction rate, the compaction efficiency can be increased by using low frequency shock-vibration modes, especially during the first stage. Such modes make it possible to obtain the same quality lower surfaces of the product.

Keywords: vibration, medium-frequency modes, shock-vibration modes, accelerations, compaction speed, porosity – water absorption, strength.

В качестве рациональных режимов уплотнения на виброплощадках следует рассмотреть асимметричные колебания, так называемые ударно-вибрационные режимы, особенно кроме того, при большой высоте слоя (столба)

бетонной смеси — эффект уплотнения зависит от соотношения вынуждающих и собственных частот колебаний смеси как упругой системы [1].

Воздействие различных частот на процесс уплотнения в широком диапазоне амплитудно-частотных параметров исследовали на стенде ВЭДС-100Б, позволяющем получать частоты 5–5000 Гц. Процесс уплотнения можно условно разделить на две стадии. На первой происходит интенсивное сближение крупных частиц и быстрое удаление воздуха, находящегося между ними в незащемленном состоянии, вторая стадия характеризуется удалением части защемленного воздуха из мелкозернистой составляющих [2].

В ходе эксперимента был рассмотрен процесс уплотнения бетонной смеси на первой стадии, которая в значительной мере характеризует дальнейшее протекание процесса. Опыты производили в форме размером $10 \times 10 \times 30$ см на бетонной смеси жесткостью 100 с расходом цемента 325 кг. Смесь загружали в форму порциями и первоначально уплотняли постукиванием по ее бортам, а затем вибрированием на стенде при одной из частот с постоянным ускорением $3g$, замеряя время опускания верхней поверхности смеси до видимой стабилизации процесса. Как видно из рис. 1, при частотах 10–20 Гц уплотнение происходит в 3 раза быстрее, чем при частотах 50–100 Гц. Таким образом, при низких частотах первая стадия процесса уплотнения бетонной смеси происходит значительно быстрее. Известно, что для обеспечения одинаковой степени уплотнения необходимая величина ускорения в диапазоне низких частот (10–15 Гц) составляет 2–2,5 g, а в диапазоне высоких частот (100–150 Гц) — 4,5–5 g.

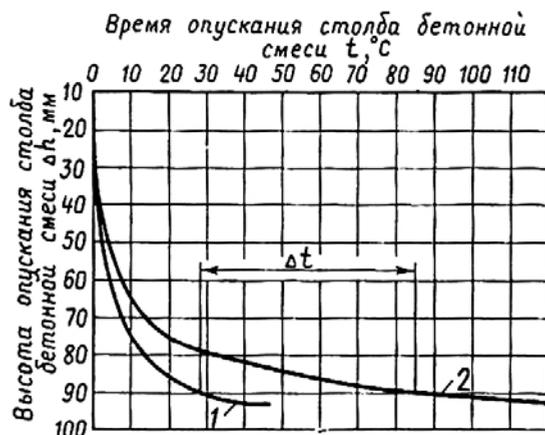


Рис. 1. Уплотнение бетонной смеси во времени при воздействии частоты: 1-10–20 Гц; 2-50–100 Гц

При асимметричных ударно-вибрационных режимах значительный интерес представляет воздействие как верхнего ускорения вибрации $A_{гв}$ (площадка находится в верхней точке), так и нижнего $A_{гн}$ (площадка находится

в нижней точке после соударения с буферным элементом). По степени влияния на прочностные характеристики бетона верхнее ускорение оказывается более существенным (в 3–4 раза). Рациональная величина верхнего ускорения находится в пределах 1,5–3 g, нижнее ускорение можно ограничить только прочностными характеристиками машины [3].

С целью оценки влияния различных режимов вибрационного воздействия на степень уплотнения при постоянной возмущающей силе определяли пористость бетона по величине водопоглощения.

Характер вибрационного воздействия	Частота, Гц	Ускорение, g	Водопоглощение, (%) через:	
			4 ч.	28 суток
Симметричный	50	3,5	5,5	3,4
То же	15	3	4,1	2,51
Ассимметричный	15	Agв = 2 Agн = 5	3,97	2,22

Низкочастотные, особенно ударно-вибрационные режимы, позволяют эффективно уплотнять малоподвижные и жесткие бетонные смеси и могут рассматриваться в качестве одного из наиболее перспективных направлений при создании вибрационного оборудования. Качество поверхности образцов значительно улучшается при последовательном вибрационном воздействии [4] низкочастотных, а затем средне- и высокочастотных режимов. В этом случае после завершения процесса перекомпоновки частиц от действия вибрации низких частот с большими амплитудами происходит дополнительное разжижение цементного теста при вибрации на средних частотах, которое оказывает положительное влияние на качество поверхности.

При воздействии в начале процесса уплотнения колебаний средней, а затем низкой частоты процессы перекомпоновки частиц и разжижения бетонной смеси не успевают закончиться. Последующее воздействие низкой частоты начинает процесс перекомпоновки сначала. Таким образом, в данном случае чередующееся воздействие средней, а затем низкой частоты противоречит рациональной последовательности тех физических процессов, которые происходят в бетонной смеси при виброуплотнении. Первичным в таком процессе является перекомпоновка частиц, которая обеспечивает наиболее благоприятную макроструктуру.

На рис. 2 представлены результаты экспериментов для симметричной и асимметричной вибрации на различных частотах. При симметричных режимах последовательное воздействие низкой частоты (20 Гц), а затем более высоких частот (50 и 75 Гц) улучшает качество поверхности и несколько увеличивает среднюю прочность. Воздействие асимметричной вибрации с частотой 20 Гц, а затем симметричной высокочастотной уменьшает общую поверхность пор и на 15 % увеличивает среднюю прочность бетона.

При уплотнении массивных изделий (высоких столбов) в бетонной смеси происходят сложные процессы взаимодействия и затухания волн. Соотношение между длиной волн и высотой столба определяет вид колебаний каждой точки столба и наличие по высоте нулевых зон. На рис. 3 показана характерная зависимость колебаний низа столба бетонной смеси на виброплощадке.

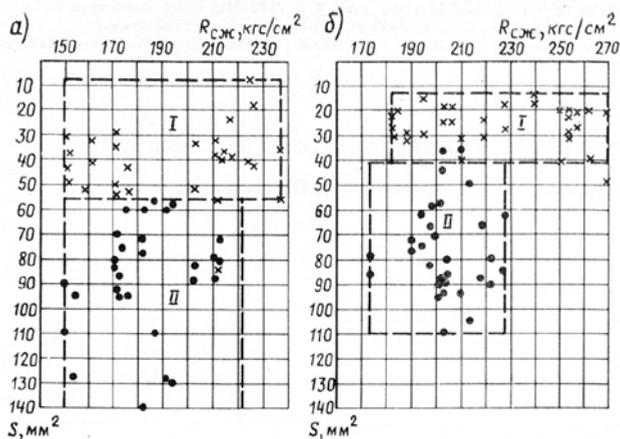


Рис. 2. Качество поверхности при симметричном (а) и асимметричном (б) режиме уплотнения:

зона I – последовательное воздействие низкой, а затем среднечастотной вибрации;
зона II – последовательное воздействие средней, а затем низкочастотной вибрации.

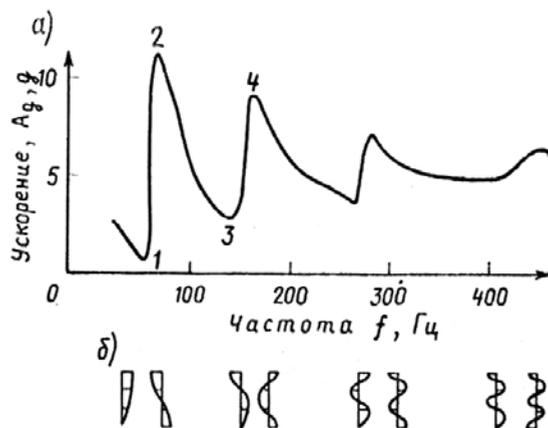


Рис. 3. Колебания низа столба бетонной смеси при различных частотах:
а – зависимость амплитуды ускорения от частоты;
б – различные формы колебаний.

В области точек 1–4 проявляются различные форм колебаний по высоте столба. В области точек 1,3 все слон бетонной смеси колеблются в одной

фазе, зоны с нулевыми амплитудами отсутствуют. Столб бетонной смеси оказывает максимальное воздействие на виброорган, и наибольшее количество энергии поглощается самой бетонной смесью. Таким образом, в этой области создаются благоприятные условия для уплотнения. В области точки 2 верхние и нижние слои колеблются в противофазе. В середине столба бетонной смеси образуется зона с нулевыми значениями амплитуд. В этой области виброорган испытывает минимальное усилие со стороны столба и бетонной смесью поглощается наименьшее количество энергии, поэтому эта область является неблагоприятной. В области точки 3 реализуются колебания, при которых в бетонной смеси также существует зона с нулевыми амплитудами. Максимальное количество энергии, как и в области точки 1, поглощается самой бетонной смесью. Благодаря затуханию амплитуда и ускорение верхних слоев столба недостаточны для равномерного уплотнения бетонной смеси по всей его высоте. В области точки 4 в столбе бетонной смеси образуются две зоны нулевых амплитуд. Здесь, как и в области точки 2, условия уплотнения неблагоприятные. Таким образом, наиболее эффективно уплотнение бетонной смеси происходит при колебаниях столба в области точки 1. Эта высота столба примерно равна $\frac{1}{4}$ длины волны, распространяющейся в бетонной смеси при колебаниях виброплощадки

$$h = \frac{1}{4}L = \frac{1}{4} \frac{v}{f}, \quad (1)$$

где h — высота слоя, см;
 L — длина волны, см;
 f — частота вынуждающей силы, Гц;
 v — скорость продольных волн, см/с.

Наиболее эффективные высоты уплотнения, подсчитанные по формуле (1) для средней скорости продольных волн 50 и 60 м/с, при частоте вибрации 50 и 10 Гц равны соответственно 25–30 см и 125–150 см.

С другой стороны, процесс уплотнения связан с затуханием продольных волн в столбе бетонной смеси. В уплотненном состоянии величины линейного коэффициента затухания можно принять равными для низких частот 0,005–0,01 см⁻¹, для средних частот 0,05–0,07 см⁻¹. Для обеспечения достаточно равномерных условий уплотнения можно допустить минимальную величину ускорения по высоте столба вследствие затухания $A_{гк} = 2g$. Если начальные условия принять равными $A_{г0} = 4g$, то $\beta = 2$. Протяженность зоны уплотнения, ограниченную условиями затухания, определяют по формуле:

$$h \beta = \frac{A_{г0}}{A_{гк}} \quad (2)$$

Для низкочастотного режима по зависимости (2) протяженность зоны уплотнения находится в пределах 2–4 м. Таким образом, уплотнение мож-

но осуществлять и в области, близкой к форме колебаний точки 3 при $h = 3,8 \dots 4,5$ м. Для среднечастотных режимов протяженность зоны уплотнения составляет 30–40 см.

Выводы

Процесс уплотнения бетонной смеси при низкочастотных режимах вследствие больших относительных перемещений частиц протекает более интенсивно по сравнению с высокочастотными.

Для низкочастотных ударно-вибрационных режимов следует принимать меньшую величину верхнего ускорения 1,5–3g.

При низкочастотных режимах возможно уплотнение бетонной смеси в изделиях высотой до 4,5 м, благодаря большой длине волны и меньшей величине коэффициента затухания.

Литература:

1. *Гусев Б. В., Деминов А. Д., Крюков Б. И., Литвин Л. М., Логвиненко Е.А* Ударно-вибрационная технология уплотнения бетонных смесей. Москва, Стройиздат, 1982, 150 с.
2. *Гусев Б. В., Зазимко В. Г.* Вибрационная технология бетона. Киев, Будівельник, 1991, 158 с.
3. Справочник, Производство бетонных и железобетонных конструкций. Под редакцией
4. *Гусева Б. В., Звездова А. И., Королева К. М.*, Москва, Новый век, 1998, 384 с.
5. *Гусев Б. В.* Перспективные технологии при производстве сборного железобетона. Издание 2. Ижевск, 2015, 205 с.

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЛЮДЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

FEATURES OF THE NUTRITION OF PEOPLE WORKING IN THE ARCTIC ZONE

Касьянов Г. И.,

Кубанский государственный технологический университет

Kasyanov G. I.,

Kuban State Technological University

Аннотация. Активное освоение территорий Арктической зоны Российской Федерации привело к необходимости привлечения значительного числа специалистов, работающих вахтовым методом или прибывающих для постоянного проживания. Для создания комфортных условий работы и проживания, особо востребованными стали рационы питания людей в условиях «холодового стресса». Продукты питания на мясной и рыбной основе, в сочетании с овощами, относятся к диетическим и обладают повышенной усвояемостью. Повышенным спросом у населения арктических районов пользуются продукты высокой кулинарной готовности, к которым относят мясорастительные паштеты. Наличие в паштетах растительного и животного белка значительно повышает функционально-технологические характеристики готового продукта. Использование в качестве животного сырья мясо одомашненных северных оленей, в сочетании со свиной и белком чечевицы, позволяет получать высокобелковые продукты питания и существенно расширить ассортимент выпускаемых изделий.

Ключевые слова: оленина, свинина, чечевица, паштеты, рацион питания

Annotation. The active development of the territories of the Arctic zone of the Russian Federation has led to the need to attract a significant number of specialists working on a rotational basis or arriving for permanent residence. To create comfortable working and living conditions, the food rations of people in conditions of "cold stress" became especially popular. Meat and fish-based foods, in combination with vegetables, are dietary and have increased digestibility. Products of high culinary readiness, which include meat and vegetable pates, are in high demand among the population of the Arctic regions. The presence of vegetable and animal protein in pates significantly increases the functional and technological characteristics of the finished product. The use of domesticated reindeer meat as animal raw material, in combination with pork and lentil protein, allows obtaining high-protein food products and significantly expanding the range of products produced.

Key words: venison, pork, lentils, pates, food ration

Согласно статистическим данным, более 1 млн чел участвуют в освоении Крайнего Севера. Стратегия развития Арктической зоны РФ на период

до 2020 года, к приоритетным направлениям развития российской Арктики отнесла комплексное социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ, в том числе улучшение качества жизни коренного населения и социальных условий хозяйственной деятельности в Арктике.

На международной научно-практической конференции, проведенной в КубГТУ в 2020 г., проводимой под эгидой Российской инженерной академии, подробно обсуждались перспективы создания продуктов специализированного назначения с использованием комбинированного мясного и растительного сырья [1]. В Мурманском государственном техническом университете выполняются исследования по приготовлению блюд из мяса одомашненного северного оленя [2]. Установлено, что оленина содержит немного жира и обладает диетическими свойствами. Для питания людей, работающих или проживающих в условиях Крайнего Севера, необходимо разрабатывать специализированные продукты питания, препятствующие развитию «холодового стресса» [3]. Анализ рациона питания специалистов, работающих вахтовым методом в условиях Крайнего Севера, показал необходимость выдерживать в продуктах питания соотношение белки-жиры-углеводы 1:1,2:4,6 [4]. Сотрудники кафедры «Технология продуктов питания животного происхождения» выполнили исследования по конструированию пищевых продуктов специализированного назначения, обогащенных CO_2 -экстрактами и CO_2 -шротами лекарственных растений [5,6]. Создание таких продуктов потребовало разработке специальных Программ для ЭВМ [7].

Одна из наиболее действенных и экономически эффективных мер для повышения устойчивости человека к неблагоприятным факторам окружающей среды и труда коррекция рационов северян с помощью использования продуктов повышенной пищевой ценности и применение в рационах питания продуктов местной сырьевой базы.

На рис. 1 приведено распределение калорийности рациона питания людей, работающих в условиях Крайнего Севера.



Рис. 1. Распределение калорийности рациона питания людей, работающих в условиях Крайнего Севера

В таблице приведены рецептуры мясорастительных паштетов, с использованием оленины.

Рецептуры паштетов экспериментального состава с олениной

Наименование сырья и материалов	Содержание, %		
	контроль	опытные образцы	
		рецептура 1	рецептура 2
Фарш свиной и говяжий (1:1)	50	—	—
Оленина	—	50	50
Свиная шейка	—	—	14
Шпик свиной	22	20	—
Сало	—	—	5
Яйцо	5	4	4
Лук	6	6	4
Чеснок	—	—	2
Чечевица	—	3	3
Мука	6	4	4
Масло сливочное	—	3	—
Сливки 20 %	—	—	4
СО ₂ –шрот амаранта	—	3	—
Криопорошок вишни	—	—	2,99
Дигидрокверцетин	—	0,004	0,003
СО ₂ –перца черного	0,004	0,005	0,004
СО ₂ –тимьяна	—	—	0,003
Сахар	—	0,99	1
Соль	2	2	2
Бульон	до 100	4	4

Как видно из данных таблицы, в состав экспериментальных продуктов питания для людей, работающих в условиях Крайнего Севера, кроме белков, жиров и углеводов, входят, входят вещества с антиоксидантными и иммунозащитными свойствами.

На рис. 2 приведено соотношение белков, жиров и углеводов в разработанных паштетах из оленины



Рис. 2. Диаграмма соотношения белков, жиров и углеводов в разработанных авторами паштетах из оленины

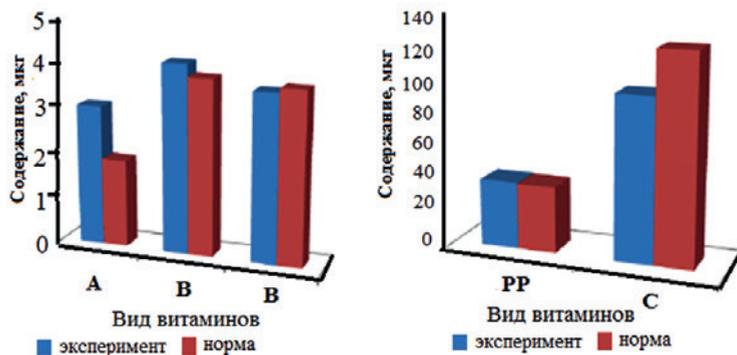


Рис. 3. Среднее содержание витаминов в паштетах из оленины в рационе людей, работающих в условиях Крайнего Севера

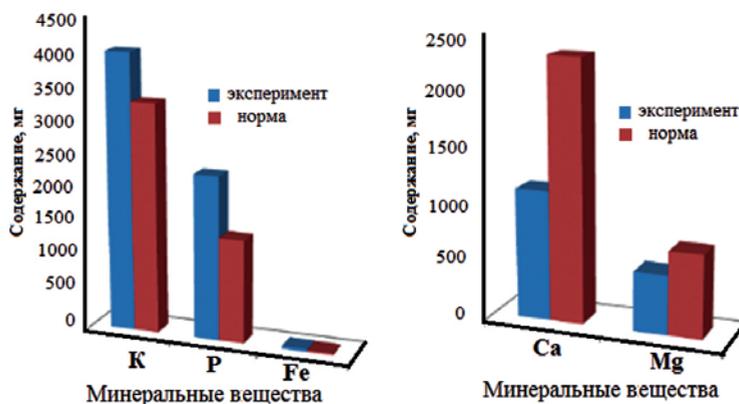


Рис. 4. Среднее содержание минеральных веществ в паштетах из оленины в рационе людей, работающих в условиях Крайнего Севера

Выводы

В Кубанском государственном технологическом университете выполнено исследование по разработке рецептур паштетов из оленины, для работающих в арктических условиях. Продукты питания такого уровня относятся к диетическим и обладают повышенной усвояемостью. Методом заочного анкетирования установлено, что у населения арктических районов пользуются спросом продукты высокой кулинарной готовности, к которым относят мясорастительные паштеты. Наличие в паштетах растительного и животного белка значительно повышает функционально-технологические характеристики готового продукта. Использование в качестве животного сырья мясо одомашненных северных оленей, в сочетании со свининой и белком чечевицы, позволило получать высокобелковые продукты питания и существенно расширить ассортимент выпускаемых изделий.

Список литературы

1. Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения. Материалы международной научно-практической конференции / Краснодар: КубГТУ, 2020. 522 с.
2. *Богдан Е. Г., Турушук Е. Г.* Исследование компонентов, используемых в процессе разработки рецептур блюд из мяса одомашненного северного оленя // Вестник Мурманского государственного технического университета, том 18, № 1, 2015. С. 69–73.
3. *Гуменюк М. С.* Разработка продуктов питания для людей, работающих в условиях крайнего севера / *Гуменюк М. С., Касьянов Г. И., Магомедов А. М., Мишкевич Э. Ю.* В сборнике: Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. сборник статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск *А. В. Степовой*, 2020. С. 220–224.
4. *Ермош Л. Г.* Анализ питания работников тяжелого труда, вахтовым методом в условиях Крайнего Севера / *Ермош Л. Г., Сафронова Т. Н., Евтухова О. М., Казина В. В.* // Российская Арктика, № 3, 2018. С. 71–92.
5. *Магомедов А. М., Касьянов Г. И., Мишкевич Э. Ю.* Особенности конструирования пищевых продуктов специализированного назначения. Краснодар: Издательский Дом-Юг, 2021. 158 с.
6. *Мишкевич Э. Ю., Магомедов А. М.* Особенности разработки и оценки качества продуктов, обогащенных фитопрепаратами. В сборнике: Инновации в индустрии питания и сервисе. Электронный сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. 2020. С. 33–35.
7. Свидетельство о регистрации Программы для ЭВМ № 2021613279. Программа для поиска и анализа технологических режимов при производстве продуктов из животного сырья / *Запорожский А. А., Касьянов Д. Г., Бородихин А. С., Мишкевич А. С., Медведев А. М.* Заявка № 2021612198, заявлено 25.02.2021, опубликовано 04.03.2021.

ОМСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЦИФРОВОЙ АЛГОРИТМ КЛАСТЕРНОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ ДЛЯ СТРАН ШОС И ЕАЭС

EURASIAN STRATEGIC ALGORITHM FOR INTERREGIONAL CLUSTER DEVELOPMENT OF RUSSIA AND KAZAKHSTAN

Горбунов П. И., Ключенко А. А., Лизунов В. В.

*Омское отделение Российской инженерной академии; Россия, Омск
(e-mail: omvis@bk.ru)*

*Лаборатория экономических исследований Омской области Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской Академии наук, Межвузовский инновационный бизнес-инкубатор Омского государственного университета, Комитет по инновационной деятельности при Омской Торгово-промышленной палате
(e-mail: vladvasil@yandex.ru)*

Gorbunov P. I., Lizunov V. V.

*Omsk branch of the Russian Academy of engineering, Russia, Omsk
Laboratory of economic research of the Omsk region of the Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
Interuniversity innovation business incubator of Omsk state University; Committee on innovation activity at the Omsk chamber of Commerce and Industry, Russia, Omsk*

Аннотация: Рассмотрены формы сотрудничества и предложен эффективный алгоритм межрегионального кластерного развития России и Казахстана.

Abstract: Forms of cooperation are considered and an effective algorithm for interregional cluster development of Russia and Kazakhstan is proposed.

Ключевые слова: Россия и Казахстан, межрегиональное сотрудничество, кластерное развитие, алгоритм в виде девяти «И».

Keywords: Russia and Kazakhstan, interregional cooperation, cluster development, algorithm in the form of nine “И”.

Инженерно-научные российские общественные организации, входящие в структуру управления Высшего инженерного совета России (ВИС РФ), включая Омские отделения Российской инженерной академии и Российского союза научных и инженерных общественных объединений (ОМО РИА и ОмскОРОСНИО) с удовлетворением восприняли государственный курс на прорывное развитие регионов РФ. При этом оптимальных алгоритмов по реализации данного курса с учётом задач широкой евразийской интеграции пока явно недостаточно, что недопустимо в условиях роста международной напряжённости.

Учитывая чрезмерную бюрократизацию органов государственной власти (следствие нарастающей бессистемности из-за отсутствия эффективных стратегий развития) необходимо подключать к кластерному и стратегическому региональному проектированию представителей гражданского профессионального сообщества. Российская и Международная инженерная академии (РИА и МИА), а также Российский и Международный союзы научных и инженерных общественных объединений через свои региональные отделения уже приступили к такому виду деятельности.

На наш взгляд, эффективность стратегического алгоритма развития любой российской территории зависит от оптимального выбора экспериментального региона, на котором может быть создан в сжатые сроки образ системно-конкурентоспособного будущего (модель) сотрудничества регионов РФ с регионами стран Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) и ЕАЭС. Возникает вопрос — почему именно ШОС и Евразийский экономический союз, а не БРИКС или другие организации? Необходимо напомнить, что ШОС — это международная организация, которая была основана в 2001 году лидерами Китая, России, Казахстана, Киргизии, Таджикистана и Узбекистана, а в 2017 г. в неё вошли Индия и Пакистан. Государствами — наблюдателями ШОС являются Афганистан, Беларусь, Иран и Монголия. Помимо того, ШОС имеет соглашения о партнёрстве с ООН, СНГ, ОДКБ, ЕАЭС и АСЕАН.

В результате территория ШОС составила 60% всей площади Евразии, а численность населения равна 3 млрд 40 млн человек. Экономика КНР является одной из двух ведущих экономик мира. К тому же ШОС не является военным блоком (как, например НАТО), а её главная задача — развитие научно-экономического международного сотрудничества.

Что касается ЕАЭС, то в её состав входят Армения, Беларусь (РБ), Казахстан (РК), Киргизия и Россия. В феврале 2021 года о желании вступить данную организацию объявил Иран. В то же время общеизвестны существующие проблемы между данными государствами. В частности, даже между Россией и Беларусью в рамках Договора по созданию Союзного государства (СГ) за 20 лет не произошло долгожданной политико-экономической интеграции, в том числе, из-за отсутствия общегосударственной Стратегии кластерного развития и соответствующего алгоритма евразийского межрегионального сотрудничества, утверждённого на законодательном уровне.

В тоже время, взаимодействуя до 2012 года с руководством Постоянного комитета СГ (П. П. Бородин, А. В. Степанов), омские общественные научно-инженерные организации предлагали создать на приграничных территориях Омской области и Казахстана инфраструктуру Евразийского центрального мультимодального транзитно-экономического узла (кластера), способствующего эффективной экономической интеграции всех стран Евразии, включая РФ, РК и РБ.

Данное предложение планировалось включить в Концепцию комплексной программы СГ «Строительство высокотехнологической евроазиатской

транспортной системы на период 2009—2020 годы», стимулирующей развитие «транзитной» межрегиональной и кластерной экономики нового типа не только Союзного государства, но и всего континента.

Создание такого евразийского кластера, на наш взгляд, должно было наглядно показать пример взаимовыгодного совместного сотрудничества множества стран в виде экспериментальной региональной модели прорывного развития, которую можно было бы масштабировать до размеров всего Союзного государства.

В настоящее время такой кластерный эксперимент предполагается реализовывать с учётом наработок Президента РФ В. В. Путина по национальной идее «Конкурентоспособность во всём!» в рамках Концепции Свободной инженерно-экономической зоны для стран ШОС кластерного типа (Концепция СИЭЗ ШОС), поддержанной Омским экономическим форумом ШОС в 2016 году.

Тезис «Конкурентоспособность во всём!» по своей сути и с учётом его правильной реализации отражает базовые принципы межрегиональной и межгосударственной кластерной политики, применяемые в нашей стране в период с 1929 по 1955 год, когда был установлен мировой экономический рекорд, который не превзойдён до сих пор ни в одной стране мира. Вопреки внешним санкциям и самой кровопролитной в мировой истории войне, экономика СССР росла опережающими темпами (книга «Кристалл роста» А. С. Галушки в формате презентации на ПМЭФ-2021 — приложение №1).

Что касается алгоритма формирования и реализации Концепции СИЭЗ ШОС, то он изложен в виде «дорожной карты» из девяти — «И» по аналогии алгоритма из «четырёх «И», используемого экс-Президентом РФ А. Д. Медведевым при разработке и реализации «Стратегии инновационного развития России до 2020 года». Отсутствие прорывных результатов применения последнего алгоритма видны, в том числе, по неэффективной реализации проекта Инвестфонда РФ «Урал промышленный — Урал полярный», да и всей государственной инновационной стратегии в целом.

На наш взгляд, проблема состоит в его неполноте — отсутствии дополнительных «пяти «И»: Идеологии (базирующейся на исторических социально-экономических достижениях нашего государства), Инженеров, Интеллекта (науки), Интеграции и Индустриализации, а также оптимальной экспериментальной территории, где можно было бы реализовать совместные стратегические инфраструктурные проекты России со странами — партнёрами из ШОС и ЕАЭС.

В этой ситуации чрезвычайно интересным, на наш взгляд, являются последние инициативы Академика РИА и МИА, основателя Партии «Единая Россия», Министра обороны РФ и Президента Русского географического общества С. К. Шойгу о необходимости срочной подготовки и реализации проектов прорывного развития восточных территорий РФ, учитывая нарастание известных кризисных явлений в нашем государстве. (Дискуссия

на Всероссийском молодёжном образовательном форуме «Территория смыслов» с участием С. К. Шойгу, ссылка прилагается).

При этом созданию за Уралом крупных финансового-промышленных центров кластерного типа на основе трёх-пяти городов-миллионников, которые должны стать «локомотивами» по прорывному и гармоничному развитию азиатской части нашего государства, придаётся ключевое значение.

Эти инициативы по развитию страны соответствуют решениям ряда Съездов инженеров России, в том числе III Съезда инженеров Сибири, проведённого при поддержке ВИС РФ, РИА и МИА, Партий «Единая Россия» и «Справедливая Россия» и Сибирского отделения Российской академии наук.

Решения III Съезда касались, в том числе, необходимости модернизации и преобразования предприятий ОПК Омской области в международные промышленные технопарки двойного и гражданского назначения (используя преференции Свободной экономической зоны) и были принципиально поддержаны В. В. Путиным при личной встрече с тогдашним Губернатором Омской области, членом ОмО РИА В. И. Назаровым.

В дальнейшем указанные решения были включены в Концепцию СИЭЗ ШОС, начальный этап реализации которой планируется осуществить в Омске в виде Международного территориально-проектного и конструкторско-научного центра цифрового типа (Центр) с участием соответствующих брендовых организаций мирового уровня из стран ШОС и Евразийского экономического пространства (ЕАЭП). В рамках деятельности такого Центра будет осуществляться подготовка проектов кластерно-цифрового и экологического развития на экспериментальных территориях Западной и Восточной Сибири, а также Центральной Азии.

Центр будет создаваться в формате Международно-молодёжного инженерно-экономического бизнес-инкубатора ШОС на основе Национальной идеи Президента РФ В. В. Путина и будет развивать кластерное предпринимательство в интеллектуально-индустриальной сфере, используя ресурсный потенциал сибирских вузов и проектно-конструкторских организаций.

Одним из приоритетных направлений проектирования (с учётом идеи кластерно-ноосферного развития) предполагается стать кластеризованный до межгосударственного уровня Федеральный проект РФ «Цифровизация и оздоровление Обь-Иртышского бассейна» с участием Монголии, Китая и Казахстана с приглашением специалистов Китайской и Тайваньских инженерных академий с учётом уже созданных в Пекине и Тайбэе международных подразделений РИА. Опыт реализации на территории Омской области цифрового индустриального кластера ноосферного типа будет тиражироваться в экспериментальных регионах Концепции СИЭЗ ШОС, включая приречные территории Западной и Восточной Сибири.

Реализация резидентских инфраструктурных проектов Концепции СИЭЗ ШОС предполагает их эффективную интеграцию с инфраструктурой Эконо-

мического пояса Нового Шёлкового Пути на территории стран ЕАЭС, что может дать мощный транзитно-экономический толчок кластерному развитию сибирских и среднеазиатских регионов в условиях мирового системного кризиса.

Без политической поддержки такого рода проекты реализовывать не возможно, что было доказано Коммунистической партией Китая, приведшей отсталую страну к лидерству в мировой экономике и ликвидации бедности. Роль инженерного корпуса в достижении китайского лидерства, чрезвычайно высока и России, включая её ведущую партию «Единую Россию», в этом плане есть чему поучиться, особенно в ресурсной обеспеченности со стороны государства научно-инженерных организаций.

Считаем целесообразным обсудить данные вопросы и проблемы в рамках избирательной кампаний 2021–2024 годов с участием парламентских партий под координацией Партии «Единая Россия» и Высшего инженерного совета РФ с целью скорейшего решения актуальных и чрезвычайно важных российских и евразийских проблем.

Концепция СИЭЗ ШОС в данном случае может стать не только инструментом привлечения внебюджетных инвестиций и передовых технологий, но и способствовать повышению конкурентоспособности не только ведущей партии, но всей общественно-политической системы России. При этом создание общественно-политического кластера инженерно-экономического типа необходимо начинать с приглашения в его ряды представителей интеллектуально-инженерной сферы, как на этапе формирования, так и этапе реализации Стратегии–2030 в приоритетных сибирских регионах.

Считаем целесообразным проинформировать об указанных предложениях и алгоритме их реализации руководство Высшего инженерного совета РФ, Партии «Единая Россия», а также других политических партий и Президентов РФ, стран ШОС и ЕАЭС (рис. № 1).



Рис. 1. Омский инженерно-цифровой алгоритм кластерного развития регионов для стран ШОС и ЕАЭС на примере России и Казахстана

Примечания:

БЛОКИ СО ЗНАКОМ * — направления стратегии инновационного развития России, предложенные Д. А. Медведевым. **БЛОКИ СО ЗНАКОМ **** - необходимые блоки для реализации стратегии кластерного развития РФ и РК.

ИДЕОЛОГИЯ**. Поэтапное формирование и реализация стратегий развития экспериментальных территорий города Омска, Омской области и Казахстана с учётом согласованной межнациональной идеи, подготовленной в рамках XVI Форума РФ и РК.

Ключевым моментом раздела «Идеология» является историческая ответственность по использованию лучших практик казахстанской и российско-советской государственности, включая период подготовки и реализации системно-конкурентоспособной программы советской индустриализации 1928–1941 годов, позволившей единому народу победить в Великой отечественной войне 1941–1945 годов и создать рывок в экономике 1945–1953 гг.

ИНЖЕНЕРЫ**. Определение инженерно-созидательного сообщества (технологи, конструкторы, проектировщики, системотехники, изобретатели и т.д.) основной движущей силой по реализации утверждённой идеологии развития РФ и РК, а в перспективе — всех стран ШОС и ЕАЭС. Ключевым моментом раздела «Инженеры» является инженерный (конструктивный, изобретательский, инновационный) системный подход к реализации базовых принципов кластерной региональной политики РФ и РК.

ИНТЕЛЛЕКТ**. Активное использование и усиление подразделений Российской и Международной инженерных академий (РИА и МИА) представителями интеллектуальной и научной элиты, способной к разработке и реализации проектов прорывного системного развития на территориях экспериментальной Омской и Павлодарской областей, а затем — на других территориях России и Казахстана. Ключевым моментом раздела «Интеллект» является привлечение к проектной деятельности в РИА и МИА по вопросам создания СИЭЗ РФ-РК различных специалистов-профессионалов, обладающих кластерным мышлением.

ИНТЕГРАЦИЯ**. Формирование, при активном участии государственных структур, устойчивых всесторонних международных связей между представителями местной инженерно-интеллектуальной элиты (включая ОмО РИА) и лидерами мирового бизнеса, в том числе, из городов-побратимов города Омска. Ключевым моментом раздела «Интеграция» является привлечение к проектной деятельности в РИА и МИА по вопросам СИЭЗ РФ и РК различных специалистов из стран, желающих сотрудничать на взаимовыгодных принципах и обладающих передовыми технологиями.

ИНСТИТУТЫ*. Создание (с поддержкой из средств федерального и регионального бюджетов интеллектуальных, социально значимых проектов) научно-исследовательских, конструкторско-технологических, проектно-стратегических центров с участием зарубежных высокотехнологичных партнёров. Использование для этих целей федеральных и международных про-

грамм развития предпринимательства, включая создание международных бизнес - инкубаторов. Ключевыми моментами раздела «Институты» является решение Форума молодых лидеров стран ШОС, прошедшего в городе Омске в 2016 году, по созданию в Омской области Международного инженерно-экономического бизнес — инкубатора для стран ШОС в качестве начального этапа реализации Концепции СИЭЗ ШОС, а также наработки Концепции «Бизнес-инкубатор «Омский Локомотив-М». Они получили поддержку Совета Федерации ФС РФ, ГД ФС РФ и МЭРТ РФ с учётом перспектив создания большого количества предпринимательских рабочих мест в реальном секторе экономики.

ИНФРАСТРУКТУРА*. Создание опытно-производственной инфраструктуры внедренческого типа, включая модернизацию старых производственных площадок и строительство новых инфраструктурных объектов на экспериментальных территориях СИЭЗ РФ и РК, в том числе, в рамках Национальных проектов. Ключевым моментом раздела «Инфраструктура» является использование наработок по Концепции «Промышленно-инновационный парк «Омский Локомотив — М», разработанной с участием специалистов Российского агентства по управлению особыми экономическими зонами (РосОЭЗ) в период руководства им М. В. Мишустиним. Специалистами РосОЭЗ и РИА был впервые предложен эффективный механизм развития международного технологического предпринимательства на реновируемой инфраструктуре промышленных предприятий ОПК.

ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ**. Формирование конкурентоспособных производств на экспериментальных территориях СИЭЗ РФ и РК с перспективой масштабирования данного процесса в других регионах РФ и РК, а также в странах ЕАЭС и ШОС. Постановка их на налоговый учет по месту расположения Институтов и Инфраструктуры, с целью эффективного формирования местных бюджетов, создания большого количества рабочих мест с достойной зарплатой, что обеспечит необходимый уровень покупательной способности населения. Ключевым моментом раздела «Индустриализация» является использование наработок по Межрегиональной программе «Сибирское машиностроение», включённой в своё время в Стратегию развития Сибири в соответствии с решениями МА «Сибирское соглашение» и Съездов инженеров Сибири.

ИНВЕСТИЦИИ*. Формирование эффективной инвестиционной политики РФ и РК по результатам успешного создания конкурентоспособных производственных предприятий кластерного типа на экспериментальных территориях СИЭЗ РФ-РК. Высокий уровень конкурентоспособности предполагает соответствующий уровень доходности, а значит, потенциальной инвестиционности, как самих индустриальных предприятий, так и необходимого для их устойчивого развития социального комплекса. Кроме этого, Свободная инженерно-экономическая зона РФ-РК кластерного типа, об-

ладающая финансовыми гарантиями двух государств, является эффективным механизмом и фактором привлечения стратегических инвестиций в крупные инфраструктурные проекты РИА и МИА, аналогичными по своему экономическому эффекту ЭП НШП.

Ключевыми участниками раздела «Инвестиции» являются Ассоциация «Финансово-Бизнес Ассоциация ЕвроАзиатского Сотрудничества» (ФБА ЕАС) и СПбГПУ им. Петра Великого — стратегические инвестиционные и технологические партнёры РИА, МИА и ОмО РИА, с которыми подписаны соответствующие соглашения о сотрудничестве.

ИННОВАЦИИ*. Формирование инновационной политики РФ и РК по результатам успешного создания инвестиционного международного кластера на экспериментальных территориях СИЭЗ РФ-РК. Наличие такого кластера предполагает создание в столице РК Нур-Султане Международного инкубатора цифровых инженерно-инновационных кластеров по аналогии с Парижским инкубатором инновационных технологических стартапов.

Франция и Китай активно привлекают стартапы из других стран, участвуя своими бюджетными средствами в финансировании инновационных разработок. Ключевыми участниками раздела «Инновации» является Евразийская экономическая комиссия в лице специалистов по интеграции, макроэкономики, праву и финансовой политике, а также французской компании ФИ-НЕНТРЕП (www.finentrep.fr) из Парижа.

В завершении статьи необходимо отметить, что предлагаемый Евразийский стратегический алгоритм межрегионального кластерного развития РФ и РК будет способствовать также реализации крупных цифровых инфраструктурных проектов на арктическом шельфе с широким использованием экологических универсальных машин и воздушно-транспортных средств, цифровой и электронной техники, строительных и композитных материалов нового поколения. Он является инструментом для сопряжения с резидентскими проектами Концепции СИЭЗ РФ-РК, программами Союзного государства, а также актуализированным евразийским мегапроектом «73-й Меридиан». Указанные проекты дорабатываются в настоящее время группой омских, новосибирских, санкт-петербургских и московских специалистов.

Омская и Павлодарская области по результатам данного процесса должны превратиться в мощный Научно-инженерный образовательно-производственный центр мирового уровня, использующий для этой цели весь модернизированный ресурсный потенциал омских и казахстанских вузов, научно-проектных и промышленных организаций.

Литература

1. Арктический порт Сабетта // URL — <http://sabettaport.ru/>
2. Горбунов П. И., Лизунов В. В. Стратегические аспекты региональной транспортной политики и создания омского мультимодального транспортного

- узла // Формирование транспортно-логистической инфраструктуры региона: Мат-лы межрегион. конф-ции (20 декабря 2006 г.) // Под ред. С. М. Мочалина, Л. И. Рыженко. Омск: МИНСП, 2007. С. 12–17.
3. *Горбунов П. И., Лизунов В. В.* Роль инфраструктуры и транспортно-дорожного комплекса в развитии Омского региона // III Манякинские чтения: «Зеленая экономика» — риски, выгоды и перспективы с точки зрения устойчивого развития»: Мат-лы междунар. научно-практич. конф-ции (4 апреля 2014 года). — Омск: ОИ РГТЭУ, 2014. С.12–22.
 4. *Крупнов Ю. В.* Омск должен стать драйвером новой индустриализации // URL — <http://www.proektnoegosudarstvo.ru/news/0211/>
 5. *Лизунов В. В.* О транспортном каркасе Сибири и евразийском мегапроекте «73 Меридиан» // Геополитические риски современной мировой экономики: Мат-лы научно-практич. конф-ции / под науч. ред. Р.И Хазбулатова, С. В. Ивановой. М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2015. С 196–200.
 6. *Соколов В. Г., Горбунов П. И., Лизунов В. В.* Масштабное строительство транспортной инновационной инфраструктуры как механизм реализации Стратегии развития Сибири // Наука и образование в диалоге российской и корейской культур. Мат-лы научно-практич. конф-ции / отв. ред. Л. Сон. Омск: Полиграф. центр КАН, 2011. С. 192–200.

ВОПРОСЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Левин Ю. А.,

*Московский государственный институт международных отношений
Министерства иностранных дел России, Россия, Москва
(e-mail: levin25@mail.ru)*

Конополов М. В.,

*Российская инженерная академия, Россия, Москва
(e-mail: mishaperedelkino@gmail.com)*

Странами, которые позиционируют себя как арктические державы, являются Россия, Канада, Дания, Норвегия, США, Швеция, Финляндия и Исландия. Из российских регионов к арктической зоне полностью или частично относятся Мурманская, Архангельская области, Республика Карелия, Ненецкий АО, Республика Коми, Ямало- Ненецкий АО, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Чукотский АО.

В Арктической зоне Российской Федерации (далее — АЗРФ) добывается большая часть российской нефти, угля, золота, сосредоточены дефицитные в России руды, все алмазные месторождения; выплавляется основная часть никеля, меди, алюминия. В целом, подавляющая часть природных ресурсов, около 90%, сосредоточена в арктических зонах. Вклад регионов, входящих в арктическую зону, составляет около половины доходной части бюджета России и почти три четверти экспорта страны. АЗРФ, особенно ее восточная часть, обладают большим ресурсным потенциалом, Ее разведанные запасы составляют 7,3 млрд т нефти и более 50 трлн куб. м природного газа. АЗРФ один из важнейших неразработанных, нетронутых резервуаров углеводородов. В целом энергетические ресурсы АЗРФ оцениваются в 106 млрд тонн нефтяного эквивалента [1].

Основная задача современного этапа освоения АЗРФ заключается в реализации стратегии развития этого региона с учётом его уникального географического и геополитического положения на пути развития новых транспортных путей, колоссальных запасов природных ресурсов, изменений в глобальном распределении сил на мировой арене, укрепления обороноспособности России в соответствии с военно-стратегическим значением региона. В настоящее время на территории АЗРФ происходят перемены, содержание которых не имеют аналогов в большинстве регионов. 13 мая 2020 г. было подписано Постановление Правительства Российской Федерации о социально-экономическом развитии Арктической зоны, в рамках которого планируется реализация крупнейших инвестиционных проектов. Ориентирами Стратегии развития Арктической зоны России до 2035 года являются привлечение 15 трлн руб. инвестиций в регион, обеспечение гру-

зопотока по Северному морскому пути (СМП) до 80 млн тонн, создание высокооплачиваемых рабочих мест [2].

Инвестиционную привлекательность арктических территорий в значительной мере сдерживает наличие присущих ей ряда проблем энергетической безопасности, вызванных крайне ограниченным применением традиционных схем поставок электроэнергии от крупных электростанций через сети в Арктике; дефицитом энергии и ее дороговизной, многозвенными транспортными схемами доставки топлива. Все вместе это не только негативно отражается на развитии экономики, но и ограничивает возможности обеспечения комфортности проживания и повышения привлекательности северных территорий.

Преимущественно изолированное энергообеспечение арктических районов осуществляется отдельно в каждом поселении при помощи дизельных электростанций (ДЭС), топливо для которых доставляют один раз в год в рамках северного завоза. В России стоимость ежегодного северного завоза топлива в районы Арктики достигает 100 млрд руб., что примерно вдвое превышает стоимость дизельного топлива для центральных регионов. Покрытие расходов на транспорт топлива осуществляется за счет бюджетных субсидий. Выделение из бюджетных источников финансовых ресурсов для приобретения и доставки топлива дизельным электростанциям, делая энергию экономически более доступной, не решает проблему высокой себестоимости производства электроэнергии на ДЭС, характеризующихся преимущественно низким КПД и ростом удельного расхода топлива на выработку электроэнергии [3].

Динамика и структура потребления электрической энергии в арктических регионах в большой степени зависит от их промышленной специализации. В некоторых регионах, например в Якутии, довольно велика доля добывающей промышленности, а в менее промышленно развитых территориях, например Северо-Эвенском районе почти половина приходится на потребление электроэнергии в зданиях[4]. Такие же существенные различия характерны для поселков с изолированными системами электроснабжения в европейской части российской Арктики. Например, в Мурманской области на долю промышленности приходится более половины потребления электроэнергии, а на долю зданий — около 10%.

В связи с географическими особенностями Арктики перспективной является возобновляемая энергетика. В целом переход на преимущественное использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Арктике имеет большую экономическую целесообразность, чем на остальной территории России, т.к. окупаемость обеспечивается за счёт экономии дорогого дизельного топлива.

Уточним, что замена дизельной генерации на ВИЭ потенциально возможна и вне Арктики, где на изолированных территориях отсутствуют или слабо развиты централизованные системы энергоснабжения. Однако наибольшие преимущества изолированные энергетические системы на основе ВИЭ име-

ют именно в Арктике из-за ее географических ограничений и высокой цены расширения зоны централизованного энергоснабжения.

Альтернативная энергетика помогает снизить экономические риски, возникающие из-за резкого колебания цен на природный газ и дизельное топливо. Добавим, что в СССР еще в 1980-х гг. велись разработки по повышению уровня электрификации средне- и низкотемпературных процессов посредством оснащения промышленных и бытовых объектов системами производства электроэнергии с учетом изменения условий развития энергетики, вызванных опережающим удорожанием качественного топлива [5]. При этом проводилась сравнительная оценка эффективности энергоносителей с учетом требований к ресурсосбережению, улучшению условий труда и быта, охране окружающей среды.

Изолированные энергетические системы арктических стран представляют потенциальную нишу для замены дизель-генераторов возобновляемыми источниками энергии. Например, в Канаде — пятой в мире стране по производству энергетических ресурсов после РФ, КНР, США и Саудовской Аравии и второй по величине арктической державе после России — ключевой план повышения энергоэффективности за счет применения возобновляемой энергетики в ее северных регионах: Юконе, Северо-Западных территориях и Нунавуте — составляющих почти 40% территории страны, заключается в направлении денежных потоков, идущих в эти регионы на оснащение домохозяйств самыми энергоэффективными моделями, среди которых солнечные батареи и ветрогенераторы, чаще всего представляющие комбинированные энергоустановки (КНЭ).

КНЭ — гибридный энергетический мини-комплекс, состоящий из солнечных фотоэлектрических панелей с аккумуляторами, ветрогенераторов и газового или дизельного генератора, включающегося при недостатке солнечной и ветровой энергии из-за погодных условий [6]. Канадский опыт показывает, что в Арктике наиболее успешно работают именно такие гибридные системы, сократить количество потребляемого обычными генераторами топлива.

Хотя настоящее время менее 10% всей энергии Канады производится с использованием гибридных систем ВИЭ, в последние годы в Канаде план постепенного перехода до 2050 г. на энергоэффективные модели — энергию ветра и солнца для средне- и низкотемпературных процессов промышленности, сельского хозяйства и быта — вышел на первое место, как одно из приоритетных направлений энергетической политики Канады и считается «вызовом нового энергетического века» [7].

Большинство ВИЭ представляют собой по сути энергетические потоки, в то время как все ископаемые виды топлива являются запасами. Хотя запасы энергии обладают безусловной способностью сохраняться сколь угодно длительное время, но могут быть использованы только один раз. В отличие от ископаемых видов топлива, потоки энергии не исчерпывают себя. Кроме того, их всегда сложнее прервать. Изобилие потоков ВИЭ укрепит энер-

гетическую безопасность и будет способствовать большей энергетической независимости для большинства государств. В то же время, по мере развития ВИЭ и все большей интеграции энергосистем разных стран, появятся новые взаимозависимости и торговые модели. Анализ показывает, что конфликты, связанные с нефтью и газом, могут уменьшиться, равно как и стратегическая важность некоторых морских споров.

В условиях энергетической трансформации Арктики геополитические и социально-экономические последствия формирования нового энерго-технологического уклада могут быть столь же глубокими, как и те, которые сопровождали переход от биомассы к ископаемому топливу два столетия назад. [8]. Определение логики развития, идентификации периода и принципов внедрения нового энерго-технологического уклада, основанного на ВИЭ, представляет «фарватер», в котором можно уловить направление технико-экономического развития глобальной экономики и ее энергетического сектора, как одной из локаций, а также объективно формирующиеся препятствия на пути указанного развития, вызывающие изменения в положении государств на международной арене [9].

Концептуально можно считать, что новый энерго-технологический уклад способен изменить методы и формы управления государствами, поскольку в отличие от ископаемого топлива, возобновляемые источники энергии, в которых нуждаются все арктические страны, вполне доступны в той или иной форме во многих регионах мира. Существенные изменения в энергетическом секторе могут повлечь за собой и изменения в политическом устройстве мира в целом, поскольку снижение зависимости от узкого круга поставщиков энергоносителей способно со временем привести к геополитическим переменам. Аргументировать такую точку зрения можно тем, что в процессе изменения экономико-технологической картины мира будут доминировать всё те же промышленные развитые страны, которые являлись инициаторами процесса развития ВИЭ. Например, Китай укрепил свое геополитическое положение, в том числе, благодаря соответствующим инвестициям в производство с последующим экспортом и установкой солнечных батарей, ветряных турбин, аккумуляторов и электромобилей.

Заключение. Формирование нового энерго-технологического уклада приводит к появлению новых лидеров в области энергетики. Это означает, что страны, осуществляющие крупные инвестиции в технологии, основанные на использовании ВИЭ, усилят влияние на мировой арене. С ростом разнообразия энергетических субъектов связана также возможность изменения торговых отношений, а появление в последние годы альянсов, основанных преимущественно на трансрегиональных соглашениях, способно в перспективе сократить влияние в глобальном масштабе экспортеров ископаемого топлива, если они своевременно не смогут адаптироваться к новому энерго-технологическому укладу. Перспективы этих глобальных перемен, связанные с ними открывающиеся возможности диверсификации национальной экономики и риски, касаются и России.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОКСИДНЫХ МЕДНЫХ РУД

Шевко В. М.,

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан,
Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, Шымкент
e-mail: shevkovm@mail.ru*

Жарменов А. А., Айткулов Д. К., Кушакова Л. Б.

*Национальный центр комплексной переработки минерального сырья
Республики Казахстан, Казахстан, Алматы
jarmen56@mail.ru, aitkulov_dk@mail.ru, sunstroke_91@mail.ru*

Shevko V. M.,

M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, Shymkent

Zharmenov A. A., Aitkulov D. K., Kushakova L. B.

*2National Center on complex processing of mineral raw materials
of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty*

Аннотация: В статье приводятся результаты исследований комплексной переработки окисленных медных руд с получением меди и ферросплавов с использованием методов хлоридовозгоночного обжига с извлечением меди в хлоридный концентрат, с получением из него черновой меди и огарка, с выплавкой из него ферросилиция ФС20, ФС25, ФС45 и кучного серноокислотного выщелачивание с переводом меди в раствор с получением из него катодной меди и кеков с выплавкой из них ферросплавов с 20–45% Si.

Abstract: The article presents the results of studies of the complex processing of oxidized copper ores with the production of copper and ferroalloys using the methods of chloride sublimation roasting with the extraction of copper into the chloride concentrate, with the production of blister copper and cinder from it, with the smelting of ferrosilicon FS20, FS25, FS45 and heap sulfuric acid leaching with the transfer of copper into a solution to obtain cathode copper and cakes from it with the smelting of ferroalloys from them with 20–45% Si.

Ключевые слова: окисдные медные руды, хлоридовозгонка, хлоридные возгоны, черновая медь, огарок, электроплавка, ферросилиций, кучное выщелачивание, электролиз, катодная медь.

Keywords: oxide copper ores, chloride sublimation, chloride fumes, blister copper, cinder, electric smelting, ferrosilicon, heap leaching, electrolysis, cathode copper.

Казахстан принадлежит к ведущим странам по добыче и производству меди (девятое место по запасам (34–36,6 млн т) и девятое по добыче [1, 2]). В социально-экономическом развитии Казахстана медная подотрасль за-

нимает и будет занимать важное место. Поэтому работы, направленные на увеличение показателя активных запасов медных руд в сырьевой базе металлургии Казахстана (в настоящее время он не превышает 40 % [3]).

Современная металлургия цветных металлов основана на использовании богатых, преимущественно монометаллических концентратов, получаемых из рудного сырья в результате обогащения. По мере истощения запасов легкообогатимых руд, промышленность использует все более бедные. Так, если во второй половине прошлого столетия к разряду промышленных относились медные руды, содержащие 0,5–0,7 % меди, то в настоящее время начинают использовать месторождения с содержанием меди 0,1–0,3 %. Одновременно с этим за последние 40 лет доля труднообогатимых руд, содержащих труднофлотуемые оксидные минералы, возросла до 40–50% [4]. Низкие показатели флотационного обогащения оксидных медных руд обуславливаются присутствием в рудах оксидных минералов. Необходим поиск инновационных технологий, обеспечивающих комплексную переработку сырья с извлечением из сырья не только цветных металлов, но и нерудных составляющих и железа [5].

В качестве потенциального медьсодержащего сырья, способного увеличить сырьевую базу медной подотрасли можно отнести труднообогатимые руды (оксидные и смешанные) [6]: в частности сырьевой потенциал руд месторождений Саяк, Молдыбай, Актогай, Кальмакыр, Коунрад, Жезказган, Айдарлы, Бозшаколь, Шатырколь, Карагайлы, Нурказган, Алмалы, Бенкала, Байтемир, Бескочу, Коксай, Ай, Шагала, Таскара, Борлы со степенью окисленности от 40 до 95–98%. Сырьевой потенциал этих руд составляет более 1 млрд т.

Разрабатывая комплексную технологию переработки труднообогатимых руд, предварительно нами были изучены термодинамические и кинетические закономерности хлоридовозгонки меди из оксидных и сульфидных систем, установлены оптимальные параметры хлоридовозгонки меди из труднообогатимых руд. Нами впервые используя метод диаграмм парциальных давлений были установлены области устойчивости хлоридов и оксохлориды меди, на стадии конденсации возгонов в системах $Me-O-Cl$, $Me-O-H-Cl$, $Me-OH-Cl-S$ [9]. На рисунках 1 и 2 показаны построенные нами диаграммы парциальных давлений систем $Cu-O-H-Cl$ и $Cu-O-Cl$, которые позволили установить область существования конденсированных хлоридов меди, а также концентрационный треугольник Гиббса системы $Cu-O-Cl$ (рис. 3), с помощью которого возможно определение не только областей одновременного существования нескольких конденсированных фаз, но и концентрацию в них меди.

Для получения меди из сухих возгонов использовали метод цементации железом. Сплавленная медь содержала 72,5–82,6% Cu . Степень извлечения меди из руды — 83–91%. Огарки окислительно-хлорирующего обжига медных руд, содержащих 60–77% SiO_2 использовали для выплавки ферросплавов [7, 10, 11].

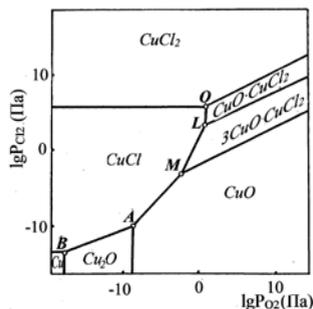


Рис. 1. Диаграмма парциальных давлений системы Cu-O-Cl при 600 К

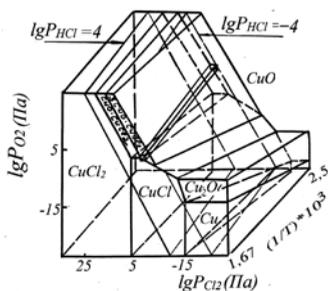


Рис. 2. Объемная диаграмма парциальных давлений системы Cu-O-H-Cl с изобарами HCl

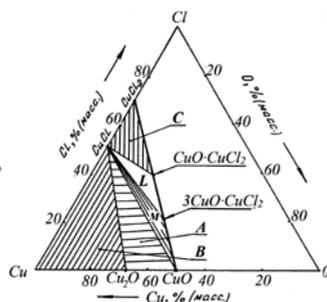


Рис. 3. Концентрационный треугольник Гиббса составов системы Cu-O-Cl при 600К

Исследования хлоридовозгонки меди из руд проводились на установке состоящей из вращающейся печи ПБ 2.13/4 изготовленной на ООО «Урал электропечь», «сухой» и «мокрой» систем улавливания хлоридных возгонов. Руды предварительно дробились, измельчались и окомковывались совместно с раствором хлорида кальция на чашевом грануляторе. Размер вышедших гранул — 1–1,5 см. Производительность печи — до 35 кг/час. Электроплавку обожженной (обезмеженной) руды проводили в электропечи с выпуском шлака и сплава. Производительность электропечи — до 12кг/час. Продукты обжига и электроплавки анализировались на растровом электронном микроскопе JSM-6490LV (Япония) и на атомно-адсорбционном анализаторе AAS-2 (Германия).

Укрупнено-лабораторные испытания хлоридовозгоночного обжига руды с улавливанием хлоридных возгонов показали, что хлоридовозгоночный обжиг руд месторождений Саяк, Шатырколь, Бозшаколь, Карагайлы, Жезказган, Нурказган, Актогай, Молдыбай позволяет извлечь в возгоны 92–98% меди [7,8]. Возгоны содержат 28–51% меди. По содержанию меди в возгонах, они содержат значительно выше ее, чем в медных концентратах (13–36%). Огарок обжига-искусственное сырье для получения кремнистого ферросплава, содержит меди как правило <0,1%.

Производственные испытания на опытной установке НПФ «Казхиминвест» [7,12] показали, что основная масса кремния (66–72%) из огарка Саяк переходит в ферросплав, который содержит 41,8% Si. Расход электроэнергии составляет 4700–4900 кВт·час на 1 т ферросплава. Созданная технология переработки медных руд позволяет в сравнении и с выщелачиванием, за счет получения из огарка марочного ферросилиция, увеличить степень комплексного использования руды в 2,5 раза (до 83%).

Предварительные расчеты показывают, что разработанная технология характеризуется сроком окупаемости инвестиций не более 4 лет при рентабельности производства 26%.

Объектами исследований гидрометаллургической переработке различного медьсодержащего рудного сырья с применением для извлечения меди из растворов технологии SX-EW были руды более 20 месторождений (Актогай, Коунрад, Ай, Аяк-Коджан, Карчига, Жезказган, Нурказган, Шатыркуль, Коксай, Таскора, Борлы, Байтемир, Вавилонское Коктас, Беркара, Жетим-Шоки, Коксай и др.), лежалые хвосты обогащения различных обогатительных фабрик Восточного и Центрального Казахстана и пр. сырье [12–25].

Наиболее крупными объектами в Казахстане на данный момент, на которых реализуются гидрометаллургические технологии получения меди, являются месторождения Коунрад, Алмалы и Актогай. Добыча руд на месторождении Коунрад находится на завершающем этапе, на месторождениях Актогай и Алмалы — на начальных этапах.

Авторами был выполнен комплекс научно-исследовательских работ, результаты которых были использованы для разработки и промышленной реализации технологии. Первый опытный экстракционный завод в Казахстане был введён в эксплуатацию, с участием авторов, в августе 2008 года на отвалах Коунрадского рудника. В 2015 г. производительность завода была увеличена до 15 тыс. тонн катодной меди марок MOOk и MOк.

Наиболее крупное предприятие Казахстана, перерабатывающее окисленные медные руды в настоящее время, — предприятие группы KAZ Minerals, расположенное на месторождении Актогай. Среднее содержание меди в рудах — 0,3–0,5 %. Выщелачивание осуществляется в отвалах (65 м высотой, 5 ярусов по 13 м каждый) на руде карьерной крупности. На основании проведенных исследований осуществлена реализация технологии и в настоящее время завод работает в течение 5 лет при производительности предприятия 25 тыс. тонн катодной меди в год.

Выщелачивание дроблённых окисленных медных руд месторождения Алмалы (0,35–0,4% Cu) в промышленном масштабе начато в 2018 г. В настоящее время завод вышел на проектную мощность 9000 тонн катодной меди в год.

Кучное выщелачивание окисленных медных руд после трёх- или двухстадийного дробления используется на месторождении Аяк-Коджан и Шатыркуль. Эти руды характеризуются относительно высоким содержанием меди (от 0,8 до 1,5–2 %). На предприятии, перерабатывающем руды месторождения Аяк-Коджан, используется экстракционная схема переработки растворов с получением катодной меди.

Хвосты после выщелачивания окисленных руд содержат 48–69% SiO_2 , 7,5–13,6 Al_2O_3 , до 8,0 Fe_2O_3 . Объем хвостов составляет до 99% от массы руды. Поэтому процесс характеризуется низкой степенью комплексного использования сырья. Для устранения этого недостатка нами исходя из химического состава хвостов сернокислотного кучного выщелачивания руды предлагается технология получения из них электроплавкой кремнистого ферросплава. Исследованиями определено, что в температурном интервале 1420–1800°С из хвостов формируется ферросплав, который по содержанию кремния соответствует ферросилицию марок FeSi10, FeSi15, FeSi25, FeSi45 [26].

Количество катодной меди, произведенное с 2019 г. в Казахстане с применением технологии выщелачивания и переработке растворов по технологии SX-EW ежегодно составляет ~50 тыс. тонн (на 300–350 млн USD), что составляет ~ 12 % от общего количества производимой в Казахстане меди.

Список литературы:

1. *Алишанов Р. А.* Казахстан на мировом минерально-сырьевом: проблемы и их решение. — Алматы, 2004. — 220 с.
2. *Бейсембаев Б. Б., Кенжалиев Б. К.* Теория и практика использования методов геотехнологии для переработки забалансовых и некондиционных руд // Комплексное использование минерального сырья. — Алматы, 1999. — № 4. — С. 93- 98.
3. Выступление *Школьника В. С.* на парламентских слушаниях //Промышленность Казахстана, 2002. — № 4(13). — С. 18–37.
4. *Полывянный И. Р., Абишев Д. Н.* и др. Концепция развития научно- технического потенциала цветной металлургии РК //Тезисы докладов международной конференции «Научные основы и разработка новых технологий переработки минерального и техногенного сырья цветной металлургии». — Алматы, 1995. — С. 18–24.
5. *Резниченко В. А., Липихина М. С., Морозов А. А.* и др. Комплексное использование руд и концентратов. — М.: Наука, 1989. — 172 с.
6. *Снурников А. П.* Комплексное использование минеральных ресурсов в цветной металлургии. — М.: Металлургия, 1985. — 384 с.
7. *Шевко В. М., Айткулов Д. К., Айткулов Б. Д.*, Хлоридно-электротермическая переработка оксидных медьсодержащих руд. Монография. LAPLAMBERTA academic Publishing. Германия, 2014. 287 с.
8. *Айткулов Б. Д., Шевко В. М., Айткулов Д. К.* Определение оптимальных параметров хлоридовозгонки меди из труднообогатимых руд из месторождения Саяк-1//КИМС. 2008. № 5, с. 66–72. (ККСОН)
9. *Шевко В. М., Айткулов Д. К.* Физико-химические закономерности получения и хлорирования оксохлоридов цветных металлов. Монография. — Шымкент: Нац. книжная палата, 2003. — 116 с.
10. *Жарменов А. А., Терликбаева А. Ж., Буктуков Н. С., Шевко В. М., Абдибеков Н. К., Айткулов Д. К., Ананин А. И., Кушакова Л. Б., Шамганова Л. С.* Новые технологии добычи и переработки труднообогатимого полиметаллического сырья (монография). — Алматы, 2019, 624 с.
11. *Шевко В. М., Айткулов Б. Д.* Комбинированная хлоридно-электротермическая переработка труднообогатимых медьсодержащих руд// Электрометаллургия 2012, № 4. с. 23–27 (РИНЦ-0,191)
12. *Кушакова Л. Б., Хан О. А.* Электрохимические исследования поведения сульфидных минералов в водных растворах. //Вестник ВКТУ. — Усть-Каменогорск, 1999. — № 2. — С. 142–146.
13. *Кушакова Л. Б., Борцов В. Д.* Естественные микрогальванические элементы в рудах колчеданно-полиметаллических месторождений. //Геофизика. — 1999. — № 6. — С. 86–91.

14. *Кушакова Л. Б., Сапрыгин А. Ф., Хан О. А.* Техничко-экологические аспекты проблемы вовлечения в переработку техногенного сырья обогатительных фабрик Рудного Алтая. //Вестник ВКТУ. —Усть-Каменогорск, 2000, № 1, с. 6—10.
15. *Кушакова Л. Б.* Исследование и разработка комбинированной технологии комплексной переработки отходов обогащения полиметаллических руд Восточно-Казахстанского регион. Диссертация на соискание ученой степени кандтехн. наук. Усть-Каменогорск. 2001. 74 с.
16. *Генкин Ю. Б., Борцов В. Д., Кушакова Л. Б., Наумов В. П.* Освоение техногенных месторождений Рудного Алтая. // Промышленность Казахстана. Алматы. — № 1, 2001, — с. 108—109.
17. *Квитка В. В., Кушакова Л. Б., Яковлева Е. П.* Переработка лежалых хвостов обогатительных фабрик Восточного Казахстана. Горный журнал. М., № 9. 2001г. — С. 57—61.
18. *Кушакова Л. Б., Борцов В. Д., Сапрыгин А. Ф.* Исследования и разработка безотходных технологий переработки отходов горно-обогатительного комплекса. / Отходы: пути минимизации и предотвращения: сборник докладов — Алматы, 2002. —с. 12—13.
19. *Кушакова Л. Б., Сапрыгин А. Ф., Ушаков Н. Н., Яковлева Е. П.* Испытания технологий переработки некондиционного полиметаллического сырья на опытно-промышленной установке ВНИИцветмета// Труды I международной конференции «Вопросы комплексной переработки сырья Казахстана» Алматы. 2003. с. 214—216.
20. *Кушакова Л. Б., Хан О. А., Сапрыгин А. Ф.* Разработка технологии комплексной переработки техногенного полиметаллического сырья. // Цветные металлы. — 2003. — № 10. —с. 64—66.
21. *Kushakova L. B.* Researhes in recovery of precious metals from Kazakhstan zinc plants residues/Lead-Zinc 2010. P. 1001—1006.
22. *Борцов В. Д., Наумов В. П., Кушакова Л. Б., Ложкин С. С.* Естественные гальванические элементы в труднообогатимых рудах колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. //Научные основы и прогрессивные технологии переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья благородных металлов (Плаксинские чтения)/ Труды Международного совещания 8—12 октября 2001 г/ Екатеринбург, Из-во АМБ, 2001. — С. 135—137.
23. *Кушакова Л. Б.* Влияние действия естественных гальванических элементов на процессы выщелачивания сульфидного сырья./Комплексная переработка минерального сырья: сборник трудов: Алматы: ТОО «Три ветра», 2002, с. 256—261.
24. *Кушакова Л. Б.* Исследования электрохимического поведения халькопирита и сфалерита. /Комплексное использование минерального сырья, 2002, № 1, с. 79—82.
25. *Борцов В. Д., Кушакова Л. Б., Филатов А. С., Сулаквелидзе Н. В.* Изучение полупроводниковых характеристик сульфидов как метода оценки технологических свойств колчеданно-полиметаллических месторождений. Горный журнал. 2006, № 9, с. 31—36.
26. *Шевко В. М., Айткулов Д. К., Нурпеисова А. М., Кушакова Л. Б.* Термодинамическое прогнозирование получения кремнистого ферросплава из хвостов кучного выщелачивания окисленной медной руды Научно-техн.журнал «Промышленность Казахстана». № 4(107). 2020. с.

СОВМЕСТНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ФОСФАТНОГО И ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩЕГО КРЕМНИСТОГО СЫРЬЯ

JOINT PROCESSING OF PHOSPHATE AND VANADIUM- CONTAINING SILICONY RAW MATERIALS

Айткулов Д. К., Сухарников Ю. И.,

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан,
РГП «Национальный центр по комплексной переработке
минерального сырья Республики Казахстан», г. Алматы
aitkulov_dk@mail.ru, scc04@mail.ru, esv-ret@mail.ru*

Aitkulov D., Sukharnikov Yu.,

*RSE "National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials
of the Republic of Kazakhstan, Almaty*

Аннотация: Представлены результаты лабораторных исследований и промышленных испытаний процесса совместной плавки фосфоритового агломерата и ванадий-углеродсодержащего кварцита с извлечением ванадия в железофосфористый сплав, являющейся исходным сырьем для получения товарного пентаоксида ванадия.

Abstract: The results of laboratory studies and industrial tests of the process of joint smelting of phosphorite agglomerate and vanadium-carbon-containing quartzite with the extraction of vanadium into an iron-phosphorous alloy, which is the starting raw material for the production of commercial vanadium pentoxide, are presented.

Ключевые слова: фосфорит, ванадиевый кварцит, электротермическая плавка, восстановление ванадия, ванадийсодержащий феррофосфор.

Key words: phosphorite, vanadium quartzite, electrothermal melting, vanadium reduction, vanadium-containing ferrophosphorus.

В Казахстане имеется крупнейшее в мире месторождение ванадий-углеродсодержащих кварцитов, прогнозные запасы которых составляют несколько миллиардов тонн. Однако, в силу структурного и химического их состава, несмотря на достаточно высокое содержание в них ванадия (0.6–1.0 %V₂O₅), они до настоящего времени не вовлечены в производство. Из-за того, что ванадий в этом сырье находится в окисленных и тонко-вкрапленных, связанных с углеродом формах, все попытки обогатить их и рентабельно извлечь ванадий не завершились успехом [1,2]. Наиболее рациональной представляется совместная переработка ванадиевых кварцитов с фосфоритом в процессе электротермического производства желтого фосфора [3]. Ванадий практически полностью будет переходить в образующийся при этом феррофосфор, где

содержание ванадия увеличится в 4–5 раз по сравнению с его содержанием в кварците.

Таким образом, данный феррофосфор явится более богатым исходным сырьем для извлечения из него ванадия способом [4,5] или аналогичным для никеля и кобальта [6], а также для получения фосфористого ферросилиция [7] и фосфат шлака [8].

Получение феррофосфора, обогащенного ванадием, можно осуществить на действующем в Казахстане производстве желтого фосфора, заменив используемый в качестве флюса обычный кварцит на ванадий-углеродсодержащий кварцит. Учитывая наличие в этом кварците 5.5 % углерода, расход кокса может быть уменьшен на количество углерода, вводимого с кварцитом. Все остальные параметры ведения технологического процесса остаются практически неизменными.

При совместной плавке фосфатного и ванадийсодержащего кремнистого сырья большое влияние на восстановление фосфора и ванадия будут играть и такие факторы, как соотношение этих материалов в шихте, температура, время и другие. Поэтому для определения оптимальных параметров в условиях процесса электротермической их плавки были проведены лабораторные исследования с использованием сырьевых материалов, планируемых для проведения промышленных испытаний, химический состав которых приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Состав материалов

Материалы	Содержание элементов, % вес						
	P ₂ O ₅	SiO ₂	CaO+MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	V ₂ O ₅	C
Агломерат	23.1	26.85	38.58	2.80	1.50	—	—
Кварцит Жанатасского месторождения	4.50	78.32	8.20	0.96	1.43	—	—
Ванадиевый кварцит месторождения «Балауса».	0.83	79.97	1.50	0.98	2.54	0.65	5.50

Из смесей агломерата с жанатасским и ванадиевым кварцитами, измельченными до фракции 0–0,2 мм, приготовлены несколько видов шихты с модулем кислотности Мк Кокс фракции 0–0.2 мм, вводили с избытком 1.2 от необходимого для восстановления фосфора и железа. Опыты проводили в печи Таммана в графитовых ячейках, в которые закладывали по 25 г каждой смеси, и нагревали в течение 60 минут при 1300, 1400 и 1500 °С. Результаты опытов приведены на рис. 1, из которого видно, что общий характер этой зависимости во всех случаях одинаков. Наибольшая величина степени восстановления фосфора при всех температурах достигает при Мк около 0.9. Это связано со снижением вязкости шлака с повышением Мк [9] и возрастанием коэффициента диффузии фосфорсодержащих ионов

[10,11]. Вообще вязкость и электропроводность образующихся шлаковых расплавов оказывает большое влияние на ход процессов восстановления фосфора. Эти свойства определяют совокупность многих характеристик расплавов $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{V}_2\text{O}_5$, от которых зависит скорость и полнота протекания восстановительных реакций.

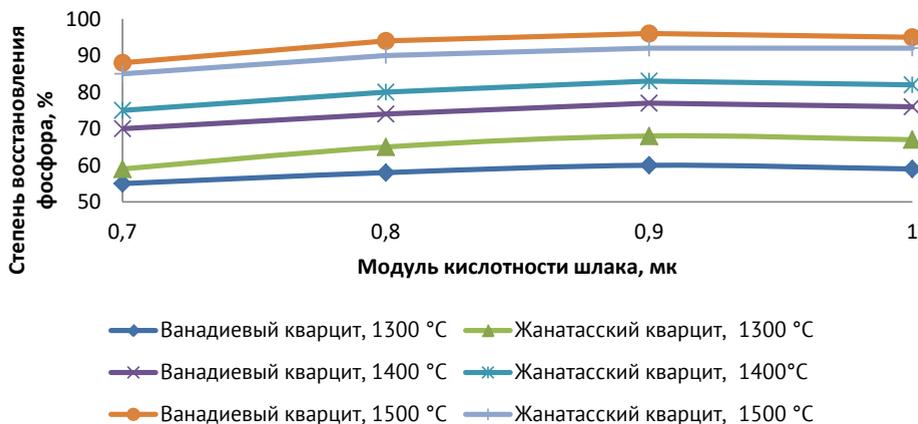


Рис. 1. Зависимость степени восстановления фосфора от модуля кислотности шлака при различных температурах в течение 60 минут

Учитывая, что при реальных температурах протекания процесса восстановления в фосфорных печах (1450–1500 °C) все шлаки будут иметь невысокую вязкость (0.25–0.75 Pa·sec) и значительную электропроводность ($0.2\text{--}0.3 \text{ cm}^{-1} \times \text{ohm}^{-1}$), предлагаемый ванадийсодержащий кварцит является вполне пригодным с этой точки зрения для электротермической плавки совместно с фосфатным сырьем (агломератом из фосфорита).

Разница в величине степени восстановления фосфора, из исследуемых разновидностей шихты объясняется, в основном, влиянием на вязкость образующихся шлаков таких компонентов, как оксиды алюминия и щелочных металлов. А в случае использования ванадиевого кварцита, также наличием в нем углеродистого вещества, которое находится в виде антроксолита (то есть более аморфным по сравнению с коксом) и является более активным восстановителем, чем углерод кокса.

Так как количество вводимого в шихту кварцита определяется необходимостью получения шлака, обладающего определенными свойствами, то для этого должно соблюдаться соотношение кислых и основных оксидов, то есть получение нужного модуля кислотности шлака. Изменение модуля кислотности шлака помимо влияния на шлаковый режим приводит также к изменению количества получающегося феррофосфора и концентрации в нем ванадия. При повышении модуля кислотности, то есть, введении в шихту большего количества ванадиевого кварцита, увеличивается выход феррофосфора на тонну получаемого фосфора и содержание в нем ванадия (рис. 2 и 3).

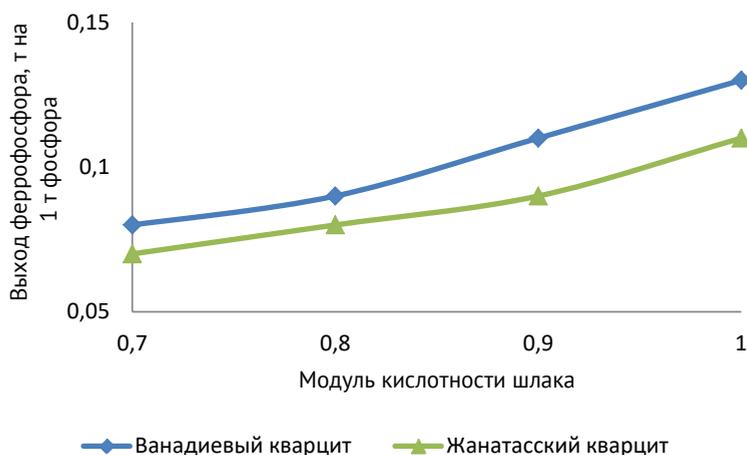


Рис. 2. Зависимость выхода феррофосфора на 1 т фосфора от модуля кислотности шлака

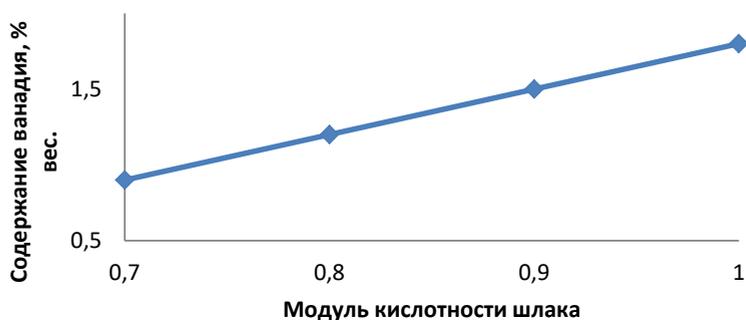


Рис. 3. Зависимость содержания ванадия в феррофосфоре от модуля кислотности шлака

С увеличением модуля кислотности растет выход феррофосфора за счет дополнительного введения железа, содержащегося в кварците. При использовании ванадиевого кварцита выход феррофосфора во всех случаях выше, чем при использовании Жанатасского кварцита, так как ванадиевый кварцит содержит более высокий процент железа (см. таблица 1), при практически равном в них содержании SiO_2 .

Для установления основных закономерностей восстановления ванадия и фосфора в зависимости от температуры и времени исследованию подвергнута шихта из смеси агломерата и ванадиевого кварцита содержащая 26,5% SiO_2 , 29,4 % CaO ($M_a=0,9$), 18,5 % P_2O_5 , 0,18 % V_2O_5 , 18,7 % FeO .

Опыты проводили при температуре 1300, 1400, 1475 и 1550°С со временем выдержки 15, 30, 45, и 60 минут. Высушенную при 150 °С шихту в количестве 25 граммов вводили в нагретый до заданной температуры графитовый тигель,

находящийся в жаровой трубе печи Таммана. За счет большой, по сравнению с пробой, массы нагретого тигля шихта прогревалась до заданной температуры за 1–2 минуты.

Во время опыта тигель обдувался очищенным аргонem. По окончании опыта графитовый тигель с расплавом извлекали из печи и для более быстрого охлаждения ставили в воду. После охлаждения шлак и металл разделяли и подвергали химическому анализу. Состав продуктов восстановления приведен в таблице 2.

Таблица 2

Состав продуктов восстановления

Температура, °С	Время, мин	Содержание компонентов в шлаке, % вес				Содержание элементов в сплаве, % вес	
		CaO	P ₂ O ₅	FeO	V	P	V
1300	15	29.4	14.7	14,0	0.093	21.6	0.35
	30	33.5	13.4	9.6	0.084	24.1	1.00
	45	38.9	11.7	6.5	0.075	24.1	1.11
	60	41.1	9.8	4.5	0.068	24.5	1.24
1400	15	36.5	10.4	9.5	0.082	23.1	0.62
	30	41.1	9.8	5.8	0,064	23.9	0.93
	45	42.6	6.3	2.4	0.052	23,0	1.12
	60	44.1	3.6	1.9	0.041	23.2	1.24
1475	15	41.1	7.5	5.8	0.071	23.9	1.04
	30	43.3	3.1	3.5	0.052	22.5	1.11
	45	45.5	1.4	1.5	0.037	22.1	1.26
	60	46.3	0.6	0.8	0.026	22.0	1.33
1550	15	42.6	3.7	2.0	0.047	24.2	1.02
	30	42.7	1.3	0.6	0.022	23.4	1.31
	45	44.8	0.6	0.3	0.010	21.6	1.44
	60	45.2	0.3	0.2	0.004	21.2	1.47

При температуре 1450–1500°С, при которой реально протекает процесс фосфорной плавки, для полного восстановления фосфора и ванадия необходимо лишь достаточное время пребывания шихты в печи. При этих температурах максимальная степень восстановления фосфора и ванадия достигается уже в течение 50–60 минут, то есть вполне укладывается в период практического ведения процесса получения фосфора в электротермических печах.

Таким образом, для совместной переработки агломерата из фосфорита и ванадийсодержащего кварцита в промышленных условиях, наиболее оптимальна подготовка из них шихты с модулем кислотности около 0.9 при стандартных режимных параметрах ведения процесса возгонки фосфора. Наличие в ванадиевом кварците 5.5 % углерода позволит сократить расход кокса на количество углерода вводимого с этим кварцитом.

Следующим этапом исследований были промышленные испытания на Новоджамбулском фосфорном заводе ТОО «Казфосфат» (г.Тараз, Республика Казахстан). Для испытаний было поставлено около 1800 т ванадиевого кварцита фракции 10–70 мм. Добыча и подготовка опытной партии ванадийсодержащего кварцита проведена на месторождении «Баласаускандык» запасы по категории С₂ которого составляют 22.86 млн тонн. Всего было добыто около 4000 т кварцитов. После дробления и отсева получено 1980 т кварцита фракции 10–70 мм и 1900 т фракции 0–10 мм. Фракция 10–70 мм является рабочей для совместной её переработки с фосфатным сырьем.

При расчете шихты на одну тонну агломерата вводили 70 кг ванадиевого кварцита из расчета получения шлака с модулем кислотности ($M_k = \text{SiO}_2/\text{CaO}$) равным 0.92 при котором велась работа в базовый период (в течение одного месяца предшествовавшего испытаниям). Расход кокса был снижен на количество углерода в кварците. Общее количество шихтовых материалов, использованных в период испытаний, составило: агломерат — 23872 т, ванадиевый кварцит — 1687т, кокс — 3122 т.

Модуль кислотности шлака был достаточно стабилен, колеблясь от 0,91 до 0,93, и составил, в среднем, 0,92. Полученный фосфор не отличался по качеству от производимого в базовый период на стандартном сырье. Содержание Р₄ в нем было в среднем 99,7 %, а органических примесей 920 ppm. Среднее содержание элементов в полученном феррофосфоре составило, % вес: Р₄–19.8; Si -7.2; Mn - 2.7; V- 1.5.

Результаты испытаний показали, что при использовании ванадий-углеродсодержащих кварцитов в качестве флюса отклонений от технологического режима или других отрицательных факторов не наблюдалось. Отмечено снижение на 5.6 % расхода кокса за счет наличия в ванадиевом кварците углерода.

Для снижения себестоимости желтого фосфора целесообразна агломерация фосфорита с добавкой 2–5% мелочи ванадиевых кварцитов фракции 0–10 мм. Это обеспечит повышение выхода годного агломерата и снизит цену за 1 тонну ванадиевого кварцита, так как будет использован весь добываемый кварцит, как и фракция 10–70 мм, так и 0 -10 мм.

В связи с низким содержанием ванадия в феррофосфоре (1.5%) прямое его извлечение с получением пентаоксида ванадия является низкорентабельным. Предварительные исследований показали, повышение эффективности извлечения ванадия из феррофосфора возможно при осуществлении конвертерной переработке феррофосфора с получением ванадиевых шлаков. При этом из 1 тонны феррофосфора будет получаться 240 кг шлака с 10% V₂O₅, и оставаться 0,8 т рафинированного феррофосфора, содержащего ~20 % Р и менее 2 % суммы Si, V, Ti, Mn. Цена рафинированного феррофосфора будет на уровне или выше реализуемого в настоящее время электротермического феррофосфора. По результатам промышленной проверки технология совместной переработки фосфатного и ванадийсодержащего кремнистого сырья рекомендована к внедрению.

Литература:

1. *Поляков В. М., Шаров Г. И.,* и др. Извлечение ванадия из руд месторождения Каратау. // Тр. УФАН СССР, 1951. Т. 1 С. 2.
2. *Соболев Д. С., Фишман М. А.* Практика обогащения цветных металлов. М. госгортехиздат, 1963. Т. 4. 712 с.
3. *Кунаев А. М., Сухарников Ю. И., Левинтов Б. Л.* Пирометаллургическая переработка редкометального фосфорсодержащего сырья // изд. «Наука» Каз. ССР, Монография, 1987 г, 246 с.
4. Patent US #3376103, 1968
5. Patent US #3792150A, 1974
6. ПатентРК № 27448. Способ приготовления шихты для получения фосфора. /авторы: ЖантасовК.Т., ФрангулидиЛ.Х., АйбалаеваК.Д., ЖантасовМ.К., ЛавровБ.А., АлтыбаевЖ.М, опубл. 15.10.2013, Бюл. № 10.
7. ПатентРК № 26554. Способ переработки фосфора./авторы: *Шевко В. М., Искандиров М. З., Сержанов Г. М., Фрингулиди Л. Х., Лавров Б. А.* опубл. 14.12. 2012. Бюл. № 12.
8. Патент RU №2373142 Способ переработки феррофосфора с получением фосфористого шлака/ Авторы: *Генкин М. В., Швецов С. В.* опубл. 20.11.2009 г, бюл. № 32.
9. *Илиев А. А., Кунаев А. К., Шабденов Б. А., Галузо В. Н.* Исследование некоторых свойств фосфористых шлаков электротермической плавки // в кн. *Металлургия и обогащение.* Вып. 7. МВиССОКаз.ССР, Алма-Ата, 1972, с. 70–77.
10. *Есин О. А., Тетерин Г. А.,* Подвижность катионов в расплавленных фосфатах // Доклад АН СССР, 1959, т. 128, № 3, с. 567.
11. *Есин О. А., Воронцов Е. С., Чучмарев С. К.* Диффузия фосфора и кальция в расплавах $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$ //Журнал физической химии, 1957, т. 31, вып. 10.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

ANALYSIS OF METHODS AND PROCESSING METHODS USING ENERGY INDICATORS

Тюрин А. Н., Королев А. В., Королев А. А.,

*Национальная инженерная академии Республики Казахстан,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
г. Уральск,*

*Российская инженерная академия,
Саратовский государственный технический университет
им. Ю. А. Гагарина, г. Саратов,
sciencetech2919@gmail.com, science7@bk.ru*

Tyurin A. N., Korolev A. V., Korolev A. A.

*West — Kazakhstan Innovation — Technological University, Uralsk
Saratov State Technical University them. Yu.A. Gagarin,
Saratov,*

Аннотация. В данной работе предложен новый подход к исследованию эффективности технологических процессов. На примере проведенного анализа видно, что, используя достаточно универсальные и простые энергетические критерии, можно сделать быстрый сравнительный анализ различных способов и даже методов обработки, выбрать из них наиболее эффективный и усовершенствовать существующую технологию. Это вооружает технологов-машиностроителей и научных работников мощным оружием в области поиска резервов повышения эффективности производственных процессов.

Abstract. This paper proposes a new approach to the study of the efficiency of technological processes. The example of the analysis shows that, using fairly universal and simple energy criteria, one can make a quick comparative analysis of various methods and even processing methods, choose the most effective one and improve the existing technology. This equips mechanical engineering technologists and scientists with powerful weapons in the search for reserves for increasing the efficiency of production processes.

Ключевые слова: абразивная обработка, суперфиниширование, единовременный объем материала, коэффициент суперфиниширования, эффективная мощность суперфиниширования.

Key words: abrasive blasting, superfinishing, one-time material volume, superfinishing ratio, effective superfinishing power.

Известно [1,2 и др.], что качество таких точных изделий, как подшипники качения, во многом зависит от эффективности финишных операций технологического процесса их изготовления.

Формирование внутренней геометрии подшипников окончательно осуществляется как правило на операциях суперфиниширования рабочих поверхностей их деталей [3,4].

Анализ преимуществ и недостатков существующих способов суперфиниширования достаточно полно изложен в работах [5–7], выполненных при участии авторов, в связи с чем в данной работе приводятся лишь некоторые выводы.

Низкую эффективность традиционной технологии суперфиниширования можно показать на основе некоторых критериев. Как известно, работа резания режущим инструментом определяется по зависимости [8–9 и др.]:

$$A = P_z \cdot v \cdot t ,$$

где P_z — тангенциальная сила, возникающая при обработке;

v — скорость резания;

t — время обработки.

Работа резания осуществляется непрерывно в течение длительного времени. Поэтому энергетическую значимость этого процесса удобнее выразить через мощность обработки:

$$W = P_z \cdot v .$$

С помощью критерия мощности в ряде случаев можно оптимизировать режимы резания. Однако этот критерий неудобен для сравнения эффективности резания различными методами обработки. В этом случае более подходит критерий — удельная мощность резания, т.е. затраты мощности на единицу удаленного объема материала заготовки:

$$W_z = \frac{P_z \cdot v}{V} .$$

В качестве показателя качества процесса резания следует использовать скорость формирования единовременного объема материала, равную отношению полезной мощности резания к удельной внутренней энергии насыщения материала :

$$V_t = \frac{W\varphi}{E_0} . \quad (1)$$

Коэффициент потери мощности в процессе резания можно определить по формуле:

$$\varphi_z = \frac{P_z - P_n f_z}{P_z} ,$$

где P_n — нормальная сила прижима инструмента к заготовке;

f_z — коэффициент трения скольжения режущего элемента по обрабатываемой поверхности [9].

Формула (1) вполне годится для обработки лезвийным инструментом. Но для обработки абразивным инструментом необходимо учесть, что процесс абразивной обработки является дискретным и поэтому понятие единовременной работы или мощности резания может относиться только к единичному абразивному зерну. Кроме того, рабочая поверхность абразивного инструмента имеет склонность к засаливанию, т.е. она в процессе снятия припуска забивается стружкой и шламом [10], отчего коэффициент потери энергии при абразивной обработке снижается, но это не учитывается формулой (1).

В работе [8] установлены зависимости, связывающие тангенциальную P_{zz} и нормальную P_{nz} силы резания абразивным зерном с глубиной резания:

$$\begin{aligned} P_{zz} &= 34\tau a^2 (1 + 1,5 f_z (1 + \xi)); \\ P_{nz} &= 51\tau a^2 ((1 + \xi), \end{aligned} \quad (2)$$

где τ — напряжение сдвига;

a — глубина резания;

ξ — усадка стружки.

Удельная энергия насыщения материала:

$$E_0 = \frac{P_{zz} v t}{F_i l_i}, \quad (3)$$

где F_i — площадь поперечного сечения цапапины, равная:

$$F_i = 2,5 a^2, \quad (4)$$

l_i — длина цапапины, равная $l_i = v \cdot t$.

Раскрывая значение тангенциальной силы резания (2) и подставляя в равенство (3) значения F_i (4) и l_i , получим:

$$E_0 = 13,6 \cdot \tau \cdot (1 + 1,5 f_z (1 + \xi)). \quad (5)$$

На основании (2) коэффициент потери энергии при резании абразивными зерном:

$$\varphi_z = \frac{P_{zz} - P_{nz} \cdot f_z}{P_{zz}} = 1 - \frac{51 \cdot (1 + \xi) \cdot f_z}{34(1 + 1,5 f_z (1 + \xi))}. \quad (6)$$

Например, усадка стружки для стали ШХ-15 $\xi = 1,5$, а $f_z = 0,2$ [8]. Тогда по формуле (6) найдем:

$$\varphi_z = 1 - \frac{51 \cdot (1 + 1,5) \cdot 0,2}{34(1 + 1,5 \cdot 0,2 \cdot (1 + 1,5))} = 0,57.$$

Введем обозначения:

P_{zr} — тангенциальная сила резания абразивными зернами;

P_{nr} — нормальная сила резания абразивными зернами;

P_{zz} — тангенциальная сила трения связки об обрабатываемую поверхность;

P_{nz} — нормальная сила реакции связки.

Отношение тангенциальной силы резания абразивным зерном к нормальной составляет

$$K_z = \frac{P_{zz}}{P_{nz}} = \frac{34(1 + 1,5 \cdot 0,2 \cdot (1 + 1,5))}{51(1 + 1,5)} = 0,47.$$

Коэффициент потери энергии при суперфинишировании в случае частичного засаливания инструмента:

$$\varphi = \frac{P_z - P_{zs} - P_{nr} f_z}{P_z}. \quad (7)$$

Так как

$$P_z = P_{zs} + P_{zr},$$

то выражение (7) примет вид:

$$\varphi = \frac{P_{zr}}{P_z} \left(1 - \frac{P_{nr} f_z}{P_{zr}} \right).$$

Но так как

$$P_{zr} = P_{zz} \cdot z, \text{ а } P_{nr} = P_{nz} \cdot z,$$

где z число режущих зерен, то

$$\varphi = \frac{P_n}{P_z} \frac{P_{nr}}{P_n} K_z \left(1 - \frac{f_z}{K_z} \right). \quad (8)$$

Обозначим

$$f_t = \frac{P_z}{P_n} \quad (9)$$

и назовем эту величину коэффициентом суперфиниширования. Преобразуем равенство (9):

$$f_t = \frac{P_{nr}}{P_n} \left(\frac{P_{zr}}{P_{nr}} + \frac{P_{zs}}{P_{nr}} \right) = \frac{P_{nr}}{P_n} \left(\frac{P_{zr}}{P_{nr}} + \frac{P_n - P_{nr}}{P_{nr}} f_s \right), \quad (10)$$

где f_z — коэффициент трения связки об обрабатываемую поверхность.

При полном засаливании бруска, когда он перестает резать, коэффициент трения скольжения связки по обрабатываемой поверхности $f_s = P_s / P_n = 0,2$ и меньше.

Окончательно после преобразований найдем:

$$f_t = \frac{P_{nr}}{P_n} (K_z - f_s) + f_s. \quad (11)$$

Как видно из равенства (11), при отсутствии засаливания инструмента, т.е. когда внешняя нормальная нагрузка полностью уравновешивается нормальной силой резания инструмента: $P_n = P_n$, коэффициент суперфиниширования равен коэффициенту абразивного резания $f_t = K_z$. При полном засаливании инструмента, когда внешнюю нагрузку полностью уравновешивает нормальная реакция стружки и шлама, а $P_n = 0$, то коэффициент суперфиниширования равен коэффициенту трения стружки и шлама об обрабатываемую поверхность: $f_t = f_s$.

Подставляя выражение (11) в равенство (8), найдем коэффициент потери энергии:

$$\varphi = \frac{K_z}{(K_z - f_s) + f_s \frac{P_n}{P_{nr}}} \left(1 - \frac{f_z}{K_z} \right). \quad (12)$$

На рис. 1 показано изменение коэффициента суперфиниширования, коэффициента потери энергии при суперфинишировании по мере засаливания инструмента и изменение соотношения между нормальной силой резания и нормальной силой прижима инструмента к обрабатываемой поверхности.

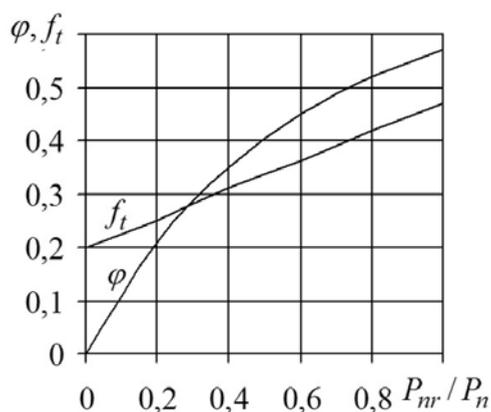


Рис. 1. Зависимость коэффициента суперфиниширования f_t и коэффициента потери полезной энергии φ от соотношения P_{nr} / P_n нормальной силы резания к силе прижима инструмента к обрабатываемой поверхности

Как видно из рис. 1, с увеличением доли внешней нагрузки, приходящейся на абразивные зерна, значения коэффициентов f_t и φ возрастают. Следовательно, коэффициент суперфиниширования однозначно характеризует работоспособность инструмента.

Скорость формирования единовременного объема материала с учетом равенства (1) равна:

$$V_t = \frac{P_z v}{E_0} \varphi. \quad (13)$$

Из соотношения (9):

$$P_z = P_n \cdot f_t \quad (14)$$

Используя выражение (14), из равенства (4.13) получим:

$$V_t = \frac{P_n \cdot v}{E_0} \cdot f_t \cdot \varphi. \quad (15)$$

Раскрывая в равенстве (15) значение внутренней удельной энергии насыщения материала заготовки (5), определим:

$$V_t = 0,74 \frac{P_n \cdot v}{\tau \cdot (1 + 1,5 f_z \cdot (1 + \xi))} \cdot f_t \cdot \varphi. \quad (16)$$

Так как величина V_t используется нами для оценки качества обработки, то, как видно из выражения (16), качество обработки будет тем выше, чем меньше скорость резания v , сила прижима бруска к заготовке P_n , коэффициент φ и выше прочность материала заготовки τ . Это вполне согласуется с практикой суперфинишной обработки, так как известно, что чем меньше оставляют абразивные зерна на поверхности заготовки риски и чем больше степень засаливания бруска, тем шероховатость поверхности получается ниже, а это — один из важнейших показателей качества обработки при суперфинишировании. Скорость заготовки V при суперфинишировании, с одной стороны, способствует увеличению съема металла, и, следовательно, качество поверхности должно уменьшаться. Но, с другой стороны, с увеличением скорости заготовки увеличивается степень засаливания инструмента, и это способствует снижению шероховатости обработанной поверхности.

Припуск при суперфинишировании настолько мал, что его даже не назначают на эту операцию при разработке технологических процессов. Однако это не значит, что он не определяет эффективность процесса суперфиниширования. Со снятием припуска удаляется дефектный слой на заготовке, возникший на предшествующей шлифовальной операции, исправляются погрешности геометрической формы заготовки, снимается исходный шероховатый слой. Поэтому при суперфинишировании желательно обеспечить надежное удаление дефектного слоя заготовки, а следовательно, необходимо предусматривать припуск на обработку.

К сожалению, при суперфинишировании с использованием традиционных способов, при которых абразивный инструмент в течение всего времени суперфиниширования прижимается всей своей рабочей поверхностью к обрабатываемой поверхности заготовки, не обеспечивает возможности снятия с заготовки значительного припуска, так как инструмент быстро засаливается и перестает резать. Действительно мощность резания при суперфинишировании:

$$W = P_z \cdot v = P_n \cdot v \cdot f_t. \quad (17)$$

Более точно производительность обработки при суперфинишировании характеризует эффективная мощность резания. Эффективную мощность резания определим умножением равенства (17) на коэффициент потери энергии (12):

$$W_{\varphi} = P_z \cdot v = P_n \cdot v \cdot f_t \cdot \varphi. \quad (18)$$

Сопоставим значения мощности и эффективной мощности при суперфинишировании с величиной снимаемого припуска. Из работы [10] следует, что объем пор рабочей поверхности абразивного инструмента равен:

$$V_p = N_z \cdot d_0 \cdot S_i, \quad (19)$$

где N_z — коэффициент, зависящий от структуры и твердости абразивного инструмента;
 d_0 — средний диаметр абразивных зерен;
 S_i — площадь рабочей поверхности инструмента.

С учетом равенства (4.16) снимаемый при обработке припуск за время t :

$$V_s = V_{tz} \cdot z \cdot t = 34\tau a^2 (1 + 1,5f_t(1 + \xi)) \frac{v}{E_0} \cdot z \cdot t_0, \quad (20)$$

где t_0 — время непрерывного контакта рабочей поверхности бруска с заготовкой;
 z — число «рабочих» зерен на рабочей поверхности заготовки, находящихся в контакте с обрабатываемой поверхностью.

Число зерен на поверхности инструмента:

$$z = \frac{P_{nr}}{P_{nz}} = \frac{P_n}{51 \cdot \tau \cdot a^2 (1 + \xi)} \cdot \frac{P_{nr}}{P_n}. \quad (21)$$

Подставляя выражение (21) в равенство (20), получим:

$$V_s = \frac{0,67 \cdot (1 + 1,5f_z(1 + \xi)) P_n}{1 + \xi} \frac{v}{E_0} \frac{P_{nr}}{P_n} \cdot t_0. \quad (22)$$

Или, раскрывая в (22) значение E_0 (5), получим:

$$V_s = \frac{0,049}{1 + \xi} \cdot \frac{v}{\tau} \cdot P_{nr} \cdot t_0. \quad (23)$$

Отношение нормальной силы резания к силе прижима инструмента можно оценить соотношением:

$$\frac{P_{nr}}{P_n} = \frac{V_p - V_s}{V_p}.$$

Подставляя это выражение в равенства (19) и (23), найдем:

$$\frac{P_{nr}}{P_n} = 1 - \frac{0,67(1 + 1,5f_z(1 + \xi)) \cdot P_n \cdot v \cdot t}{N_z \cdot d_z \cdot S_i (1 + \xi) E_0} \frac{P_{nr}}{P_n}$$

Из этого выражения

$$\frac{P_{nr}}{P_n} = \frac{N_z \cdot d_0 \cdot S_i(1 + \xi)E_0}{N_z \cdot d_0 \cdot S_i(1 + \xi)E_0 + 0,67(1 + 1,5f_z(1 + \xi)) \cdot P_n \cdot v \cdot t_0}. \quad (24)$$

Подставляя в равенство (24) выражение (5), найдем:

$$\frac{P_{nr}}{P_n} = \frac{N_z \cdot d_0 \cdot S_i(1 + \xi)\tau}{N_z \cdot d_0 \cdot S_i(1 + \xi)\tau + 0,049 \cdot P_n \cdot v \cdot t_0}. \quad (25)$$

На основании равенства (23) несложно найти линейный съем припуска за время в расчете на диаметр заготовки:

$$q(t) = \frac{V_s}{\pi \cdot d \cdot l_z}, \quad (26)$$

где d — диаметр заготовки;

l_z — длина профиля заготовки.

Как видно из выражений (23) и (26), объем снимаемого припуска при суперфинишировании не остается постоянным, а существенно изменяется во времени. С увеличением времени обработки съем металла снижается. Сложное влияние на производительность обработки оказывают сила прижима инструмента к обрабатываемой поверхности, зернистость инструмента, скорость резания и другие факторы. С одной стороны, с возрастанием значений этих факторов производительность возрастает, но, с другой стороны, по истечении некоторого времени снижается число режущих зерен, и производительность падает. По мере снижения скорости съема припуска уменьшается мощность суперфиниширования. Это подтверждает, что мощность обработки адекватно отражает производительность процесса. А так как этот показатель прост в вычислении, то он может заменить при анализе эффективности технологических процессов другие более сложные в определении параметры обработки. Особенно явно изменение в течение времени полезной мощности, которая может служить при определении сравнительной эффективности самых разнообразных процессов.

Список литературы:

1. *Вениаминов К. Н., Василевский С. В.* Влияние финишной операции на долговечность подшипников качения // Труды института. 1989. № 1. — М.: Специнформцентр ВНИППа.
2. *Кремень З. И.* Влияние способа абразивной обработки на качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей. // Прогрессивная технология абразивной обработки и абразивный инструмент. — Л.: ЛДНТН, 1980. — С. 8–15.
3. *Черневский Л. В.* Основные направления повышения качества и долговечности подшипников на основе совершенствования технологии шлифовально-дово-

- дочной обработки рабочих поверхностей деталей. // Труды ВНИПП. 1980. № 4 (106). — С. 7–17.
4. *Колтунов И. Б.* и др. Прогрессивные процессы абразивной алмазной и эльборово́й обработки в подшипниковом производстве. — М.: Машиностроение, 1976. — 30 с.
 5. *Королев А. В., Чистяков А. М., Давиденко О. Ю.* Новые прогрессивные технологии машиностроительного производства. Часть 3. Технология многобрускового формообразующего суперфиниширования с локализацией контакта инструмента и обрабатываемой поверхности. — Саратов: СГТУ, 1997. — 152 с.
 6. *Тюрин А. Н., Королев А. В.* Оценка качества брусковой обработки деталей энергетическими параметрами процесса. // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана серия «Машиностроение» №4(73) 2008г. — С. 65–72.
 7. *Тюрин А. Н., Королев А. В., Королев А. А.* Связь энергии резания с интенсивностью съема припуска при суперфинишировании абразивным инструментом. // «Вестник Машиностроения» №5 2009г. С.59–62.
 8. *Королев А. В., Новоселов Ю. К.* Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки. Часть 2. Взаимодействие инструмента и заготовки при абразивной обработке. — Саратов: Сарат. гос. ун-т, 1989. — 160 с.
 9. *Brandin H.* Werkstoffabtrag, Honsteinverschleiß und Oberflächengüte beim Kurzhubhonen. / Schleifen, Honen, Zäppen und Polieren. Verfahr und Maschinen 50 Ausg., Essen, 1981, p. 376–385.
 10. *Корьячев А. Н., Косов М. Г., Лысанов Л. Г.* Контактное взаимодействие бруска с желобом кольца подшипника при суперфинишировании // Технология, организация и экономика машиностроительного производства. — 1981. — № 6. — С. 34–39.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НИХ

SMALL WIND POWER STATIONS AND EQUIPMENT FOR THEM

Грибков С. В.,

*НИЦ «Виндэк» — генеральный директор, к.т.н., академик РИА
e-mail: windec@mail.ru*

Gribkov S. V.,

*SEC "Windec" — General Director, Ph.D., academician of RAE
e-mail: windec@mail.ru*

Аннотация. Рассматриваются вопросы актуального применения и развития в мире и России ветроэнергетических станций с дополнительным источником электрической энергии на солнечных батареях. Приводится экспертная оценка современного количества и мощности ветроэнергетических установок малой мощности на основе динамики развития малой ветроэнергетики в период 2011–2015 годов. Формулируются требования к электрическим генераторам для ВЭУ малых мощностей.

Приводятся конструкции и характеристики электрических генераторов с возбуждением от постоянных магнитов, разработанных для ВЭУ мощностью от 150 Вт до 10 кВт. Представлены конструкции однолопастных ВЭУ мощностью 100, 200 и 1000 Вт с двухступенчатым центробежным регулятором частоты вращения ветроколеса.

Представлена конструкция модуля вертикально-осевой ВЭУ турбинного типа с направляющим аппаратом мощностью 1 кВт.

Annotation. Issues of current application and development in the world and Russia of wind power stations with an additional source of electric energy on solar batteries are considered. An expert assessment of the current quantity and capacity of low-capacity wind power plants is given based on the dynamics of the development of small wind power in the period 2011–2015.

Requirements for electric generators for small turbines are formulated. The designs and characteristics of electric generators with excitation from permanent magnets developed for wind turbines with power from 150 W to 10 kW are given.

There are presented designs of single-blade wind turbines with capacity of 100, 200 and 1000 W with two-stage centrifugal controller of wind wheel speed. The design of the module of vertical-axial WT of turbine type with guide vanes of 1 kW power is presented.

Ключевые слова: ветроэнергетическая станция, ветроустановка, вэу, вэу малых мощностей, электрический генератор, характеристики электрических генераторов, однолопастная вэу, вертикально-осевая ветроустановка турбинного типа с направляющим аппаратом.

Keywords: wind power station, wind turbine, wt, small wind turbines, electric generator, characteristics of electric generators, single-blade wt, vertical-axial wind turbine of turbine type with guiding gear.

Большая протяжённость границ РФ (60932 км, в том числе морских 38 807 км), наличие значительного числа северных, удалённых и приравнённых к ним территорий, а так же наличие значительного числа не электрифицированных поселений даже в центральных областях РФ заставляют для создания комфортных условий жизни обратить внимание на возможность применения возобновляемых источников энергии малой мощности. На большинстве удалённых территорий имеются природные условия, позволяющие использовать в качестве первичных источников фотоэлектрические и ветроэнергетические преобразователи энергии как солнца и ветра. Ветроэнергетические преобразователи преобразуют энергию ветра в электрическую с помощью ветродвигателей, приводящих во вращение электрические генераторы. Такие установки по расположению оси вращения ветродвигателя бывают — горизонтально-осевыми и вертикально-осевыми. Горизонтально-осевые ветроустановки имеют одно-двух-трех или более лопастное ветроколесо и генератор, как правило, на большинстве современных установок непосредственно приводящее во вращение электрический генератор. Вертикально-осевые имеют ветроколесо (ветротурбину) с вертикальной осью вращения и вертикальным расположением лопастей. Известно несколько типов конструкций вертикально-осевых ВЭУ находящихся применение — Дарриуса(Дарье), Савониуса и спиралевидными лопастями — конструкция Горлова. А в последнее время появились и ветроустановки с ускорителями воздушного потока-диффузорного типа и вертикально-осевые ВЭУ турбинного типа с направляющим аппаратом[1]. Для устойчивой работы ветроустановок желательно чтобы среднегодовая скорость ветра, в местах их использования была не менее (4,5 -5) м/с.

Применение ветроустановок малой мощности, активно развивается во всем мире.

К малой ветроэнергетике в соответствии с критериями МЭК IEC61400–2 относятся ветроустановки мощностью до 50 кВт, с ометаемой поверхностью до 200 кв.м, выходным напряжением до 1000 В переменного тока и постоянного до 1500 В.

В 2015 году было установлено 990966 ветроустановок малой мощности с общей суммарной мощностью 944873 кВт[2] при среднегодовом приросте 8,624% за пятилетие. Если предположить, что такие же темпы роста продолжались и в последующие пять лет, а они были больше, то на 2020 год в мире должно быть установлено не менее 1184575 ВЭУ общей мощностью не менее 1428902 кВт. Значительная доля установленных ВЭУ малой мощности приходится по статистике 2015 года на Китай-44%, США-25%, Англия 15% и 16% на остальные государства мира[2].

Широко известны такие ветроустановки[3,4] ВЭУ США как Bergey XL.1 мощностью 1 кВт, Bergey 1500 мощностью 1,5 кВт, Bergey Excel мощностью 10 кВт, ВЭУ Skystream 3.7 мощностью 2 кВт, испанские Bornaу мощностью от 600 Вт до 6 кВт и АСSA — LMW мощностью 2 и 3 кВт, широкое распространение получили яхтные ВЭУ США UNIAIR-X мощностью 400 Вт и их китайские аналоги AIR-Brize, немецкая ВЭУ AIRCON мощно-

стью 10 и 30 кВт, ВЭУ Fortis Windenergy мощностью 1,4 кВт, ВЭУ AirForce 4.1 мощностью 5 кВт китайского производства и др., вертикально-осевые ВЭУ Финляндии Windside и комбинированные вертикально-осевые ВЭУ Тайваня Hi-VAWT Technology мощностью 1,5 и 3 кВт выполненных по схеме Дарриуса с пусковой ветроустановкой Савониуса [2], имеется значительное число моделей китайского производства, являющихся аналогами европейских и американских ВЭУ.

Справедливости ради надо отметить, что в СССР в период до 1990 года выпускались довольно удачные ветроустановки «Шексна-1» мощностью 500 Вт, «Ветэн-016» мощностью 160 Вт, АВМ-6 мощностью 4 кВт, ветронасосы «Ветерок», а также установки большей мощности. Существовало НПО «Ветроэн» в г. Истра Московской области, которое объединяло более сорока предприятий, которые выпускали ветроустановки малой мощности, среди них были предприятия в Ленинграде, Астрахани, Фрунзе, Татарии и других городах. В настоящее время всех этих предприятий, как и самого истринского «Ветроэна» уже нет.

В настоящее время ветроэнергетика малых мощностей в России развивается благодаря инициативе и усилиям ряда малых предприятий.

Для электроснабжения частных хозяйств востребованы ветроустановки мощностью от 500 Вт до 5 и 10 кВт, для более крупных хозяйств и ряда подразделений, поселков и сёл мощностью от 50 до 150 кВт.

Для туристов, подвижных отрядов и групп требуются ветроустановки с малой массой и мощностью от 50 до 150 Вт, выгульных фермерских хозяйств, и даже для частных домовладений требуются ветроустановки мощностью от 200...1000 Вт.

Учитывая, что эти установки являются зарядными, то от них кратковременно можно питать потребители мощностью до одного и более кВт. А это и кипятильники, электроинструмент, холодильник, электроинструмент, компьютер и прочее оборудование нашей повседневной жизни.

Большие перспективы развитию малой возобновляемой энергетики, в том числе и ветро-солнечной энергетики открывает постановление Правительства РФ № 299 от 2 марта 2021 года, в соответствии с которым владельцы электрогенерирующих станций могут продавать электрическую энергию в сети по выгодным расценкам. И это постановление бесспорно даст толчок развитию генерирующих устройств малой возобновляемой энергетики.

ВЭУ, используемые для генерации электрической энергии являются основной ветроэлектрической станцией, в которых в качестве второго первичного источника используются солнечные фотоэлектрические панели, мощность которых соизмерима с мощностью ВЭУ.

На рис. 1 представлена структурная схема зарядной электрической ветро-солнечная станция малой мощности. Электрическая энергия, вырабатываемая ВЭУ и солнечными батареями накапливается в аккумуляторах, от которых питается нагрузка постоянного тока и через инвертор — переменного тока. Заряд аккумуляторных батарей осуществляется через соответствующие

контроллеры заряда ВЭУ и солнечных батарей СБ. Для обеспечения равномерности заряда аккумуляторных батарей обязательно применение балансирующих устройств.

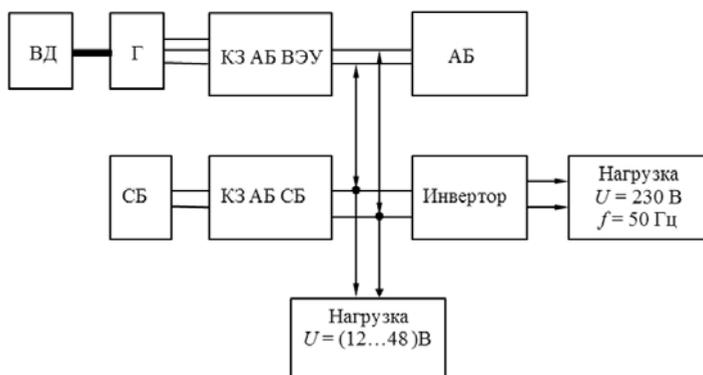


Рис. 1. Структурная схема ветро-солнечной станции малой мощности ВД-ветродвигатель; Г – электрический генератор; КЗ АБ ВЭУ – контроллер заряда аккумуляторной батареи от ВЭУ; СБ – солнечный фотоэлектрический преобразователь; КЗ АБ СБ – контроллер заряда аккумуляторной батареи от СБ.

Что же сдерживает развитие ветро-солнечной возобновляемой энергетики малых мощностей?

Есть два весьма важных и взаимосвязанных фактора. Первый — отсутствие доступного ветроэнергетического оборудования, второй — его значительная стоимость.

Для снижения стоимости оборудования оно должно выпускаться массово.

Хорошим примером всем нам служит Китай, где налажено массовое производство ветроустановок, контроллеров, инверторов, аккумуляторов для них. В США несколько другой подход — за счет дотаций в 19 штатах удельная стоимость ветроустановок мощностью от 2 до 12 кВт снижена с 6 долл./Вт до (0,5–3,0) долл./Вт[5].

Для ветроустановок с непосредственным приводом электрического генератора от ветродвигателя, требуется, прежде всего, электрический генератор с малой частотой вращения, и сам ветродвигатель.

Основное соотношение между параметрами горизонтально-осевой ветроустановки определяется формулой (1)[6]:

$$P = C_p \rho \eta \frac{S_T V^3}{2}, \quad (1)$$

где P — мощность ВО ВЭУ ТТ,

V — скорость воздушного потока, м/с,

C_p — коэффициент преобразования энергии ветра;

η — КПД генератора;

$\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$ - удельная плотность воздуха при $t=18^\circ\text{C}$;

S_T - площадь максимального сечения и ротора, м^2 ;

D_T - диаметр ветроколеса

А вертикально-осевой формулой (2):

$$P = C_p \rho \eta \frac{D_T H V^3}{2}, [\text{Вт}] \quad (2)$$

где H – высота ВЭУ, м.

Между коэффициентом использования энергии ветра C_p , быстроходностью Z и относительным моментом \overline{M} существует соотношение

$$C_p = \overline{M} \cdot Z \quad (3)$$

Момент, развиваемый ветродвигателем определяется выражением

$$M = \frac{N}{\omega} = \frac{30N}{\pi n} \quad (4)$$

где $\omega = \pi n / 30$ – угловая скорость вращения ветроколеса, рад/сек;

n – частота вращения ВК, об/мин,.

Быстроходность ветроколеса Z определяется выражением

$$Z = \frac{\omega R}{V}, \quad (5)$$

где V – скорость ветра, м/с;

R – радиус ветроколеса.

Быстроходность горизонтально-осевых ветроустановок зависит от коэффициента заполнения ометаемой поверхности лопастями ветроколеса и составляет от 2 до 5, а для быстроходных до 12...15, что в определённой степени связано с излучаемым ВЭУ шумом.

Вертикально-осевые ВЭУ имеют более низкую быстроходность: ВЭУ Савониуса 0,4, а Дарриуса – 2,5–3. ВЭУ Савониуса практически бесшумны. Излучаемый ими уровень шума не превышает 35дБА, в отличие от ВЭУ Дарриуса.

Частота вращения ветроколеса ВО ВЭУ и генератора, в случае, прямого привода определится формулой

$$n = \frac{30 R Z n}{\pi V}, [\text{мин}^{-1}] \quad (6)$$

Частота вращения генератора зависит от мощности и соответственно размеров ветроколеса. На рис. 2 представлена зависимость частоты вращения генератора, размеров ветроколеса от мощности ветроустановки и быстроходности ветроколеса Z .

Частота вращения генератора зависит от мощности и соответственно размеров ветроколеса и быстроходности Z .

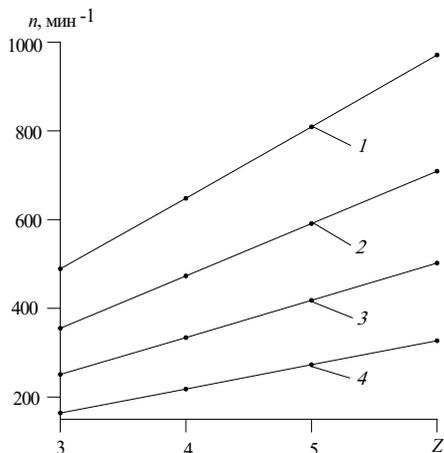


Рис. 2. Зависимость частоты вращения ветроколеса ВЭУ от быстроходности для разных мощностей ВЭУ: 1 – 0,5 кВт; 2–1 кВт; 3–2 кВт; 4–5 кВт.

На рис. 3 представлена зависимость частоты вращения генератора, размеров ветроколеса от мощности горизонтально-осевой ветроустановки и быстроходности ветроколеса Z .

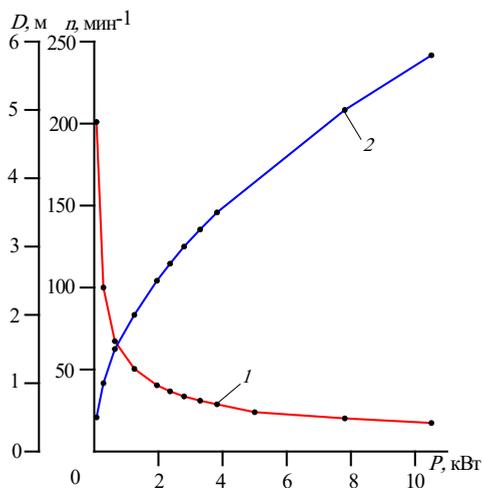


Рис. 2. Зависимость диаметра ветроколеса и частоты его вращения от мощности для быстроходности $Z=4$

Проведя анализ частот вращения ветроколес ВЭУ мощностью от 2 до 10 кВт можно сформулировать требования к частотам вращения электрических генераторов ВЭУ с учетом требований минимизации шума, излучаемого ветроколесом.

1. Для горизонтально-осевых ВЭУ мощностью 0,2 кВт требуются электрические генераторы с частотами вращения от 800 до 1000 об/мин и возбуждением от редко-земельных магнитов на основе неодим–железо–бор.

2. Для горизонтально-осевых ВЭУ мощностью 1 кВт требуются генераторы с частотой вращения от 350 до 650 об/мин.

3. Для генераторов мощностью 2 кВт требуются электрические генераторы с частотами вращения от 250 до 500 об/мин.

4. для генераторов мощностью 5 кВт требуются генераторы с частотами вращения 150–250 об /мин.

В соответствии с требованиями по частоте вращения генераторов и их мощности были разработаны электрические генераторы с возбуждением от редкоземельных магнитов на основе Ne–Fe–В мощностью [7] :

1. ВГ-015/1000–14–01Г мощностью 150 Вт с частотой вращения 1000 об/мин и выходным напряжением 14 В (рис. 3а – конструкция генератора, рис. 3б–внешняя характеристика при частоте вращения генератора 1200 об/мин).

2. ВГ-05(12)/650–28–04О мощностью 500 Вт с частотой вращения 650 об/мин, выходным напряжением 28 В. Конструкция генератора представлена на рис. 4а, внешняя характеристика на рис.

3. ВГ-1(12)/450–57–04 и ВГ-1(12)/450–57–04 мощностью 1 кВт, частотой вращения 450 об/мин и выходными напряжениями 57 и 114 В обращенной конструкции.

4. ВГ-1(12)/650–57–04 О обращенной конструкции мощностью 1 кВт, частотой вращения 650 об/мин, выходным напряжением 57 В.

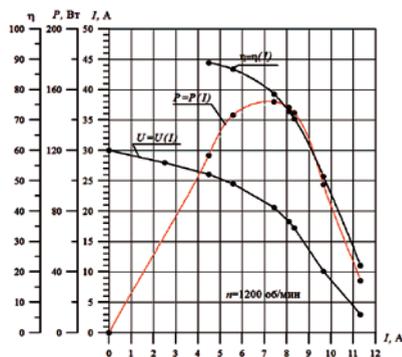
5. ВГ2(28)/150–114–02Г, ВГ-2(28)/150–114–02В мощностью 2 кВт частотой вращения 150 об/мин и выходные напряжения 114 и 270 В.

6. ВГ-5(28)/300–114–02В и и ВГ5(28)/300–114–02Г мощностью 5 кВт частотой вращения 200 и 300 об/мин и выходные напряжения 114 и 270 В.

7. ВГ-10(28)/300–200–02В и ВГ10(28)/300–200–02Г мощностью 10 кВт с частотой вращения 300 об/мин и выходным напряжением 220 В.



а)



б)

Рис. 3. Генератор ВГ-015/1000–14–01Г.

а) – конструкция генератора;

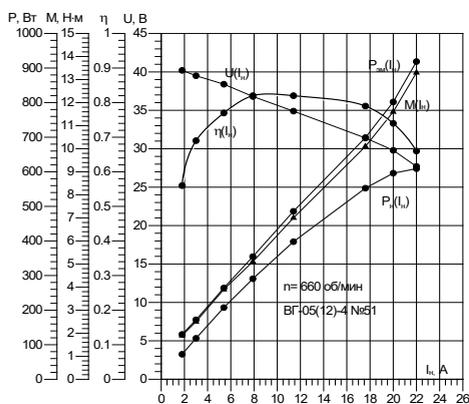
б) – внешние характеристики при частоте вращения 1200 об/мин.



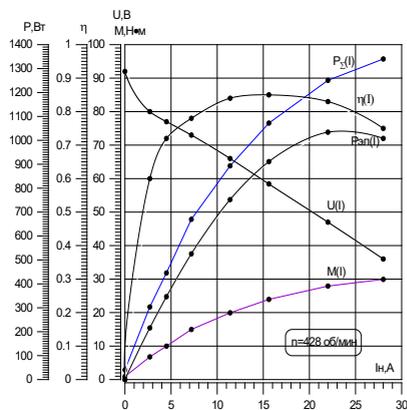
а) б)

Рис. 4. Электрические генераторы с возбуждением от постоянных магнитов:
а) – генераторы ВГ-05(12)/650–28–030, ВГ-1(12)/450–57–040,

ВГ-1(12)/650–57–040, ВГ-05(12)/650–28–030 (первый ряд слева направо);
б) – генераторы ВГ-5(28)/300–114–02В – для вертикально-осевых ВЭУ
и ВГ5(28)/300–114–02Г горизонтально-осевых ВЭУ.



а)



б)

Рис. 5. Внешние характеристики генераторов мощностью 0,5 и 1,0 кВт:
5а – ВГ-05(12)/650–57–04 О; 5б – ВГ-1(12)/450–57–04

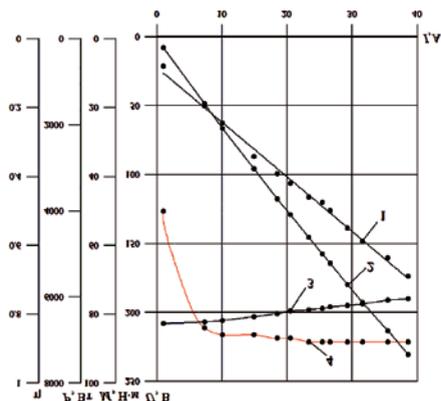


Рис. 6. Внешние характеристики генераторов ВГ-5(28)/300–200–02В и ВГ-5(28)/300–220–02Г. 1 – зависимость момента от тока нагрузки $M(I)$; 2 – зависимость выходной мощности от тока нагрузки $P(I)$; 3 – зависимость напряжения генератора от тока нагрузки – $U(I)$; 4 – зависимость КПД от тока нагрузки (η).

В ветроустановках приводом электрического генератора является ветродвигатель.

НИЦ «Виндэк» были разработаны однолопастные горизонтально-осевые ветродвигатели с двухступенчатыми центробежными регуляторами частоты вращения и на их основе изготовлены ВЭУ-01 мощностью 100 Вт, ВЭУ-02 мощностью 200 Вт (рис. 7), ВЭУ-1 мощностью 1 кВт (рис. 8), а также вертикально-осевой ветродвигатель турбинного типа с направляющим аппаратом мощностью 1 кВт(рис. 9)[8].



а)



б)

Рис. 7 ВЭУ-01 мощностью 100 Вт и ВЭУ – 02 мощностью 200 Вт



Рис. 8. ВЭУ-1 мощностью 1 кВт.

Основными достоинствами однолопастных ВЭУ является возможность работы в широком диапазоне ветров от 2 до 60 м/с, сравнительная простота, малый вес, что позволяет их применять туристами, геологами и прочими подвижными специалистами. Установки имеют уровень излучаемого шума не более 55 дБА при регулировании частоты вращения и не более 45 дБА в режиме отсутствия регулирования частоты вращения.

Практически бесшумными в работе являются ВЭУ турбинного типа с направляющим аппаратом. Излучаемый ими шум — не более 35 дБА. Кроме того, им не требуется система ориентации на ветер и токосъемное устройство. На рис. 8а представлена конструкция вертикально-осевой установки с направляющим аппаратом и его аэродинамическая схема на рис. 8б.

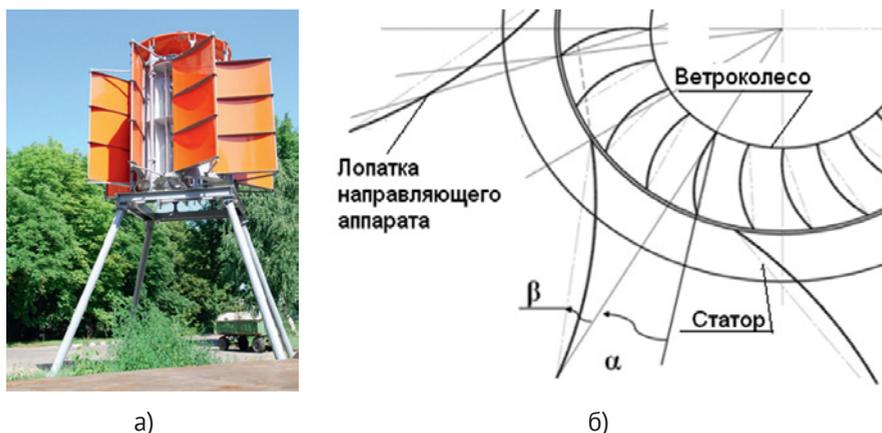


Рис. 8. Вертикально-осевая ветротурбинная установка модульного типа с направляющим аппаратом.

а) Конструкция модуля; б) аэродинамическая схема ВО ВЭУ ТТ с направляющим аппаратом.

Выводы

1. Дается оценка состояния развития малой ветроэнергетики в мире на 2020 год в предположении устойчивого среднегодового развития производства в период с 2015 по 2020годы 8,624%.
2. Медленное развитие малой ветроэнергетики в России сдерживается отсутствием ветроэнергетических установок малой мощности и их высокой стоимостью.
3. Представлены конструкции и характеристики, разработанных электрических с возбуждением от постоянных редкоземельных магнитов на неодим-железо-бор для ВЭУ малых мощностей и их внешние характеристики.
4. Представлены разработанные однолопастные ветроэнергетические установки мощностью 100, 200 и 1000 Вт, работающие в широком диапазоне ветров.
5. Представлена конструкция вертикально-осевой модульной ветроустановки турбинного типа с направляющим аппаратом мощностью один кВт.

Библиографический список

1. Грибков С. В. Современное состояние малой ветроэнергетики Новое в российской электроэнергетики №7. 2017 ISSN 2312–055X. Информационное агентство Энергопресс. С. 58–74
2. Jean-Daniel Pitteloud and Stefan Gsänger 2017 SMALL WIND summary. WORLD REPORT. Data source: WWEA’s Member Survey © WWEA June 2017 16p.
3. В. А. Дзенский, С. В. Тарасов, И. Ю. Костюков. Ветроэнергетические установки малой мощности 2011.НПП «Издательство «Наукова думка» НАН Украины, 592 с.

4. Piggott, Hugh A wind turbine recipe book : the axial flux windmill plans. Ross shire, United Kingdom]: Scoraig wind, 2009.
5. Shevory, Kristina (13 December 2007). “Homespun Electricity, From the Wind”.
6. Фатеев ЕМ Ветро двигатели и ветроустановки. М.: Сельхозгиз, 1957, 545
7. *Безруких П. П.*, *Безруких. П. П.*(мл.), *Грибков С. В.* Ветроэнергетика. Справочно-методическое издание/ Под общей редакцией *П. П.* Безруких. «Интехэнерго-Издат», «Теплоэнергетик», 2014. — 304 с.
8. *Грибков С. В.* Электрические генераторы ветроустановок. Малая энергетика №1–2 2014 с102–107.
9. *Грибков С. В.*, *Павлихин Д. С.* Оптимизация вертикально-осевых ветротурбинных установок модульного типа // Техника и оборудование для села, 2014. № 10. С. 40–45.

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Ti-AL-Nb В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

CHANGE IN THE MICROSTRUCTURE OF ALLOYS BASED ON THE Ti-AL-Nb SYSTEM DEPENDING ON THE TEMPERATURE OF SPARK PLASMA SINTERING

Кожаметов Е. А.,

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан (НИА РК),
г. Алматы*

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Скаков М. К.,

Национальный ядерный центр Республики Казахстан, Курчатов, Казахстан.

Курбанбеков Ш. Р.,

*Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясави,
Туркестан, Казахстан.*

Мухамедова Н. М., Оразгалиев Н. А.,

*National engineering academy of Republic of Kazakhstan (NEA RK), almaty
Филиал «Институт атомной энергии» Национального ядерного центра
Республики Казахстан, Курчатов, Казахстан.*

Kozhakhmetov Ye. A.,

D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

Skakov M. K.,

National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan

Kurbanbekov Sh.R.,

H. A. Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

N. M. Mukhamedov, Orazgaliyev N. A.

*Institute of Atomic Energy Branch of the National Nuclear Center of the Republic
of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan*

*kozahmetov_e@nnc.kz, skakovmk@mail.ru, sherzod05_88@mail.ru,
bakayeva@nnc.kz, orazgaliev@nnc.kz.*

Аннотация. В данной работе, представлены результаты исследования зависимости структурно-фазового состояния сплавов на основе системы Ti – 12,52Al – 43,08Nb (wt. %) от температуры искроплазменного спекания. Обнаружено, что

ИМС полученные при температуре консолидации 1300°C характеризуется преобладанием двухфазной B2+O структуры, которая наиболее предпочтительна для повышения сорбционных свойств водородаккумулирующих материалов на основе системы Ti-Al-Nb.

Abstract. The article presents results of the study on dependence of structural-phase state of the alloys based on Ti – 12,52Al – 43,08Nb system (wt. %) on the temperature of spark plasma sintering. It has been revealed that intermetallic composites obtained under the temperature of 1300°C are characterized with dominant two-phase B2+O structure which is more suitable for strengthening sorption properties of hydrogen-storing materials based on Ti-Al-Nb.

Ключевые слова: система Ti-Al-Nb, механоактивация, ИПС, микроструктура, композиционные частицы.

Keywords: Ti-Al-Nb-based system, Mechanoactivation, SPS, Microstructure, Composite particles.

В последнее время широко рассматривается вопрос о применении водорода в качестве альтернативного источника энергии. Основными сложностями в его применении на практике являются вопросы, связанные с обеспечением его безопасного хранения и транспортировки, которые напрямую зависят от химических и физических свойств водорода [1,2]. На сегодняшний день алюминиды титана с высоким содержанием ниобия рассматриваются как одни из перспективных материалов для хранения и транспортировки водорода, поскольку данные соединения обладают широкой областью гомогенности. Однако, одной из основных проблем развития данного направления является отсутствие надежной технологии изготовления, которая могла бы обеспечить необходимые свойства данным материалам в зависимости от его предназначения [3–5].

Использование технологических приемов формирования высоконравновесных материалов в порошковой металлургии интерметаллических соединений (ИМС) на основе системы Ti-Al-Nb позволяет создавать новый класс материалов с необходимой структурой и заданными свойствами. В связи с этим, в данной работе была изучена возможность получения ИМС комбинированием технологических приемов предварительной механоактивации (МА) с последующим искровым плазменным спеканием (ИПС), а также -определена эволюция микроструктуры и фазового состава материала полученного при МА и ИПС.

Изучаемые в данной работе ИМС на основе системы Ti – 25Al – 25Nb (at %) были получены комбинированием методов МА и ИПС. В качестве исходных материалов использовались порошок титана с размером частиц 45–60 мкм, порошок ниобия с размером частиц 40–63 мкм, а также порошки алюминия с размером частиц в широком интервале (алюминиевый нанопорошок; алюминиевый порошок (50–60 мкм); алюминиевая стружка (100–150 мкм)).

Смешивание порошков с последующей МА проводилось с использованием планетарной мельницы Р100СМ при соотношении масс млеющих тел диаметром 10 мм к обрабатываемому материалу как 23:1. Подробные параметры процесса МА и ИПС приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры процесса МА

Наименование материала	Длительность, мин.	Скорости вращения, об / мин	Температура спекания, °С	Выдержка, мин
			ИПС	
Смесь Ti-Al-Nb МА-2Sh	20	650	1000	5
	180	350	1200	
			1300	

Блок схема поэтапного комбинирования предварительной МА трехкомпонентной порошковой смеси и последующего ИПС представлена на рис. 1.

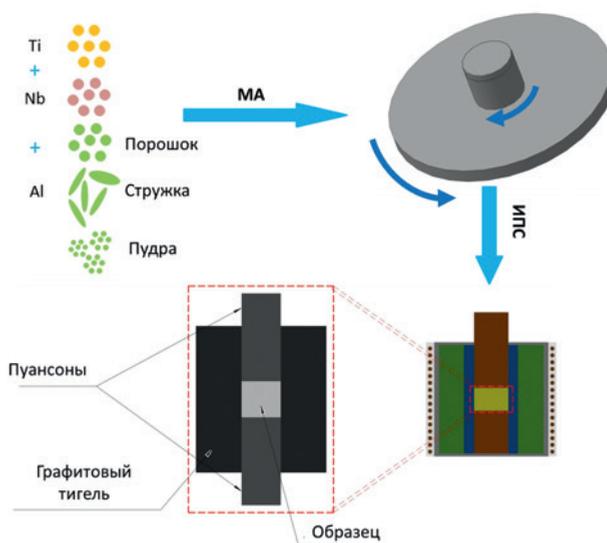
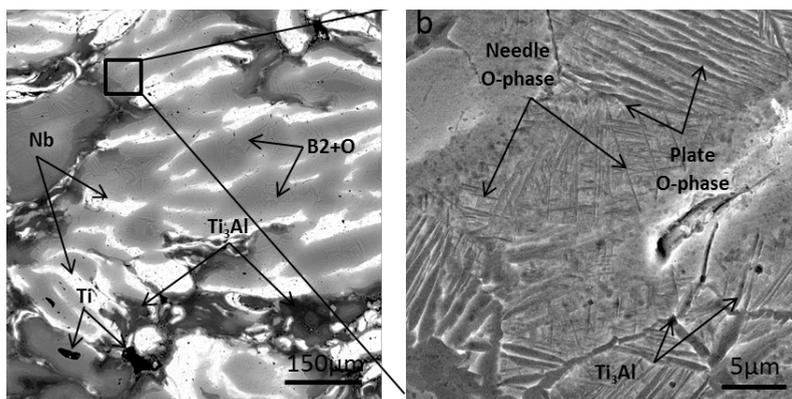


Рис. 1. Схема комбинирования технологических процессов для получения ИМС системы Ti-Al-Nb

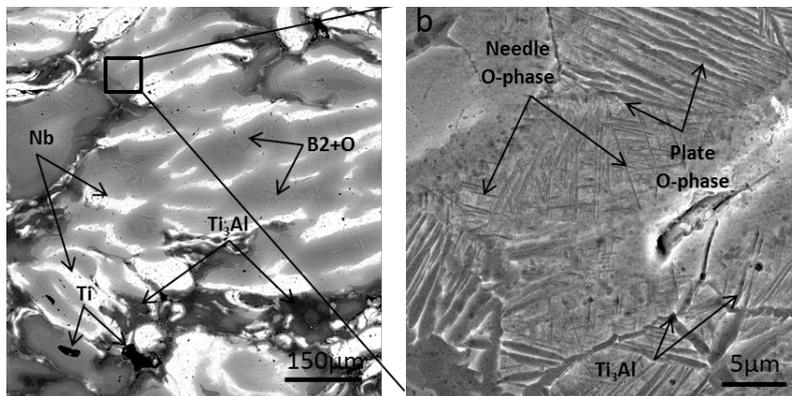
Основные результаты по изучению влияния параметров МА и ИПС на морфологию и структурообразование композиционных частиц в смеси на основе системы Ti – 25Al – 25Nb (at %) приведены авторами в работах [6,7].

Характерный вид микроструктуры образцов, полученных методом ИПС в режиме композиционной съемки полученный с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) представлен на рис. 2. Для всех образцов спеченных при 1000°С характерно неоднородная многофазная структура (интерметаллидных Ti_3Al , $AlNb_2$, B2, O фазы) без пор и трещин (рис. 2а). Следует

обратить внимание на низкую скорость растворения частиц титана и ниобия при данной температуре, которым характерно высокая неоднородность, как и образованным процессе спекания интерметаллическим фазам. Непрореагировавший титан (черный) в основном сконцентрирован на стыках включений ниобия, в то время как ниобий (белый) распределен на границах образованных интерметаллических фаз. Данный факт свидетельствует о том, что диффузионный поток в основном направлен от алюминия и титана к ниобию [8]. При этом процессы диффузии алюминия в ниобии медленнее, чем диффузия алюминия в титан, что в свою очередь приводит большому содержанию непрореагировавшего ниобия, вытянутой формы длиной до 300 мкм, которые перпендикулярно расположенные по направлению поданного давления при спекании.



а) 1000 °C/5 мин / 20 МПа



б) 1200 °C/5 мин / 20 МПа

в) 1300 °C/5 мин / 20 МПа

Рис. 2. СЭМ-изображение образцов на основе системы $Ti - 12,52Al - 43,08Nb$ (mass %) после SPS при различных температурах

Увеличение температуры спекания до 1200 °C, приводит к заметному снижению неоднородности структуры получаемых материалов (рис. 2б). Главным отличием микроструктуры образцов при данной температуре является

отсутствие включения непрореагировавшего титана. Основной матрицей поверхности для данных образцов является В2-фаза, при этом по объёмная доля фазы- Ti_3Al существенно сокращается, однако изменения размеров не заметно. Фаза Ti_3Al во всем объеме материала разделены между собой тонкой прожилкой фазы В2, толщиной 2–3 мкм.

По результатам металлографического анализа установлено, что повышение температуры спекания до $1200^{\circ}C$ приводит существенному изменению размеров и распределению О-фазы. Игольчатая структура О-фазы в зернах В2 фазы практически не встречается, и в основном приобрела пластинчатую структуру. Кроме того, средняя толщина пластинчатой О-фазы увеличивается, по количественным измерениям с 2–3 до 10 мкм. Это обусловлено более высокой температурой, которая обеспечивает более активную энергию для диффузионного процесса и ускоряет рост пластинчатой оболочки О-фазы. Еще одна особенность О-фазы при данной температуре, это его распределение на границе раздела В2/ Ti_3Al , которая играет роль диффузионного барьера между фазой Ti_3Al и В2, ограничивая рост размера этих фаз.

Наблюдение за микроструктурой образцов, спеченных при температуре $1300^{\circ}C$ выявили заметные изменения в распределениях и в содержаниях основных фаз. Об этом свидетельствуют изображения поверхности образцов, полученных с помощью СЭМ. С увеличением температуры спекания происходит практически полная диффузия непрореагировавшего ниобия, при этом заметно укрупняются границы зерен фазы В2, и зернистость становится более заметной. Вероятно, это обусловлено распадом большей части фазы α_2 , которые образовывались в виде иголок и глобулярных включений на границах фазы В2. Это предположение согласуется с микроструктурой, приведенной на рис. 2в, на стадии спекания элемент ниобия быстро диффундирует и проникает в межзеренную границу Ti_3Al , а фазы с большим средним размером Ti_3Al разбивается на множество мелких глобулярных включений и осаждаются на границах В2 фазы. Кроме того, ниобий/алюминий занимают позиции Ti в фазе В2 и образуют О-фазу на границах зерен. Таким образом, микроструктура образцов при данной температуре состоит в основном из фазы В2+О, и композиция становится более однородной. Однако, как видно из рисунка 2в на границах зерен фазы В2 все еще встречаются прерывистого глобулярные осадения и длинные выровненные планки фазы Ti_3Al , которые расположены параллельно границе зерен В2.

По результатам проведенных экспериментально-исследовательских работ можно сделать следующие выводы:

- для образцов, спеченных при температуре $1000^{\circ}C$ наблюдалось формирование трех основных интерметаллических фаз Ti_3Al , $AlNb_2$, В2 и сравнительно небольшое содержание О-фазы. При этом образцам характерно объемное содержания непрореагировавшего Nb и Ti.

- выявлено, что повышение температуры спекания до 1200°C приводит существенному изменению размеров и распределению О-фазы. Игольчатая структура О-фазы в зернах В2 фазы практически не встречается, и в основном приобретает пластинчатую структуру, средняя толщина которых увеличивается, с 2–3 до 10 мкм. Обнаружено, что с увеличением температуры спекания происходит практически полная диффузия непрореагировавшего ниобия, при этом заметно укрупняются границы зерен фазы В2, и зернистость становится более заметной.
- установлено, что увеличение температуры SPS от 1000°C до 1300°C приводит к уменьшению объемной доли фазы В2 и Ti3Al и к увеличению объемной доли О-фазы до 51%, которое обусловлено быстрым осаждением О-фазы из фаз В2 и Ti3Al при температурах SPS выше 1000°C. Микроструктура образцов при данной температуре состоит в основном из фазы В2+О, и композиция становится более однородной.

Список литературы

1. *Kurbanbekov Sh., Skakov M., Baklanov V., Karakozov B.* Effect of spark plasma sintering temperature on structure and phase composition of Ti-Al-Nb based alloys // *Materials Testing*. 2017. V. 59. № 11–12, P. 1033–1036.
2. *Rozmus M., Blicharski M., Dymek S.* Scanning and transmission electron microscopy microstructure characterization of mechanically alloyed Nb–Ti–Al alloys // *Journal of Microscopy*. 2006. V. 224, № 1. P. 58–61.
3. *Rozmus M., Blicharski M., Dymek S.* Microstructure and mechanical properties of Nb15Al10Ti alloy produced by mechanical alloying and high temperature processing // *Journal of Microscopy*. 2010. V. 237. № 3. P. 501–505.
4. *Suryanarayana C., Froes F.H., Korth G.E.* Compaction and characterization of mechanically alloyed nanocrystalline titanium aluminides // *Metall Mater Trans A*. 1997. V. 28. P.293–302.
5. *Wang G., Yang J., Jiao X.* Microstructure and mechanical properties of Ti–22Al–25Nb alloy fabricated by elemental powder metallurgy // *Materials Science & Engineering A*. 2016. V. 654. P. 69–76.
6. *Мухамедова Н. М., Кожахметов Е. А., Скаков М. К., Мухамеджанова Р. М., Курбанбеков Ш. Р.* Влияние механоактивации на образование орторомбической фазы в системе Ti-Al-Nb // *ВЕСТНИК КазННТУ*. 2019. V. 135. № 5. С. 115–120.
7. *Kozhakhmetov Ye., Skakov M., Wieleba W., Kurbanbekov Sh., Mukhamedova N.* Evolution of intermetallic compounds in Ti-Al-Nb system by the action of mechanoactivation and spark plasma sintering // *AIMS Materials Science*. 2020. V. 2. №7. P. 182–191.
8. *Niu H.Z., Chen Y.F., Zhang D.L., Zhang Y.S., Lu J.W., Zhang W., Zhang P.X.* Fabrication of a powder metallurgy Ti2AlNb-based alloy by spark plasma sintering and associated microstructure optimization // *Mater. Des.* 2016. V.89. P. 823–829.

**ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ И ГАЗОХОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ —
СОВРЕМЕННОЕ И ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ**

**CHIMNEYS AND FLUES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES
MADE OF POLYMER COMPOSITES — A MODERN
AND EFFECTIVE SOLUTION**

Асташкин В. М.,

*проф., д.т.н., заслуженный изобретатель РФ, лауреат премий СМ СССР
и Правительства РФ, член-корреспондент РИА,
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск,
South Ural State University, Chelyabinsk,*

Шматков С. Б.,

к.т.н., член-корреспондент РИА,

Шматков А. С.,

*советник РИА,
(ООО «Спецвысотстройпроект», г. Челябинск,
ООО « Spetsvysotstroyproekt», Chelyabinsk.
expert_chel@mail.ru*

Аннотация. Применение полимерных композитов в качестве конструкционного материала для промышленных газоотводящих трактов в большинстве случаев является эффективным и оправданным. В статье приводятся описания и результаты научно-технических исследований и их реализации, позволяющие максимально эффективно использовать возможности материала в практическом применении на межотраслевом уровне.

Abstract. The use of polymer composites as a structural material for industrial gas drainage paths in most cases is effective and justified. The article provides descriptions and results of scientific research that allow the most effective use of the possibilities of the material in practical application.

Ключевые слова: дымовые трубы, газоотводящие тракты, газоходы, полимерные композиты, стеклопластик.

Keywords: chimneys, gas exhaust paths, flues, polymer composites, fiberglass.

Большинство промышленных предприятий вынуждено в соответствии со своей технологией производства отводить в атмосферу очищенные до экономически оправданного уровня газопылевые выбросы, для чего используется газоотводящий тракт, состоящий из газоходов и дымовой трубы.

В составе отводимых газов неизбежно присутствуют различные агрессивные компоненты, обуславливаемые конкретным технологическим процессом. В настоящее время наметилась устойчивая тенденция к снижению температуры выбросов [7, 8]. Это связано с требованиями экологии, внедрением систем мокрой газоочистки, применением энергосберегающих технологий, снижением тепловой нагрузки и изменением структуры топливно-энергетического баланса. Снижение температуры уходящих дымовых газов приводит к их конденсации в газоотводящих трактах. Традиционные строительные материалы, такие как сталь и железобетон плохо сопротивляются данным коррозионным воздействиям, особенно при появлении конденсата. Аварии и обрушения дымовых труб не такая уж редкость и приносят большие социально-экономические проблемы, такие как остановка предприятий или прекращение подачи тепла населению. Поэтому вопрос надежной эксплуатации дымовых труб и газоходов всегда является актуальным и требует внимательного подхода.

Одним из современных и эффективных решений по повышению надежности газоотводящих трактов дымовых труб является применение для их конструкций полимерных композитов (далее ПК). Их применение целесообразно и экономически эффективно по целому ряду причин:

- газоотводящие тракты из ПК, благодаря своей химической стойкости, успешно сопротивляются агрессивному воздействию отводимых газов и их конденсата [1,2];
- элементы газоотводящих трактов наиболее часто выполняют в виде замкнутых цилиндрических оболочек (труб), а такую форму легко получить из ПК методом намотки;
- стоимость монтажа газоотводящих трактов из ПК ниже чем аналогов из других материалов из-за меньшего веса;
- элементы газоотводящих трактов больших диаметров (больше транспортного габарита) могут изготавливаться методом намотки непосредственно на площадке строительства [1, 3, 4].
- изготовление внутренних газоотводящих стволов больших диаметров возможно непосредственно внутри существующих железобетонных дымовых труб [5,6] вертикальной намоткой с подрачиванием, что позволит исключить операции кантования царг и их укрупнительной сборки.
- затраты на эксплуатацию газоотводящих трактов из ПК ниже, чем у аналогичных труб из традиционных материалов благодаря увеличению продолжительности безремонтной эксплуатации.

Главным ограничением по применению ПК является температура, которая в газоотводящих трактах дымовых труб может быть достаточно высокой. Возможность применения ПК для различной температуры эксплуатации определяется полимерной матрицей (смолой). Температура применения наиболее теплостойких ПК на основе фенолформальдегидной смолы обычно

ограничивается 200^oC (кратковременно до 240 ^oC). Однако, если проанализировать температуру выбросов по основным производствам, то оказывается, что в настоящее время более 90% отводимых газов, в том числе и дымовых, имеет температуру ниже 200^oC (см. рис. 1) [1], что открывает широкую перспективу применения ПК.

Также применение газоотводящих трактов из ПК сдерживается трудностями, связанными с отсутствием норм их проектирования. Более того, бездумное нерациональное применение ПК для таких конструкций может привести к авариям, неоправданным расходам и убыткам, что в конечном итоге приведет к дискредитации идеи применения ПК для конструкций дымовых труб и газоходов.



Рис. 1. Температура и доля выбросов в атмосферу для основных видов производств

В связи с этим для успешного внедрения ПК в практику строительства промышленных дымовых труб и газоходов необходимо было выполнить комплекс работ, включающий исследование и оптимизацию структуры стенки изделия, разработку конструктивных решений и установление области их наиболее эффективного применения, изучение свойств материала, прогнозирование поведения конструкций при эксплуатации, создание методики их расчета, разработку технологии изготовления. Решение этих задач требовало участия и координации работ химиков, прочнистов, проектировщиков, технологов, конструкторов и производителей.

Были получены следующие основные научные и технические результаты:

1. Определена область рационального применения ПК для конструкций газоотводящих трактов и определены обоснования по их проектированию [1–4, 9, 10].
2. Определены кратковременные и длительные прочностные и деформационные характеристики материалов, применительно к общепринятому в строительстве методу предельных состояний нормированы показатели механических свойств, а также их температурно-временные зависимости с коррекцией для практического использования [12, 13].

3. Для расчетной оценки несущей способности конструкций из новых более теплостойких ПК при назначении температурно-временных коэффициентов прочности предложено использовать значения коэффициентов для широко применяемых (базовых) ПК, изменив для них температурную шкалу пропорционально изменению теплостойкости относительно базовых ПК [9, 11].

4. Установлены особенности ползучести ПК при поперечном изгибе и изменение жесткостной анизотропии конструкций при длительном нагружении, отражающейся по разному на ее напряженно-деформированном состоянии при осесимметричных и неосесимметричных нагрузках. Дана методика учета этого явления, позволяющая полнее использовать резервы устойчивости конструкций [15, 16].

5. Обоснована область малых параметров гофрирования цилиндрических оболочек (пологое гофрирование), эффективных для их устойчивости под разрежением, податливости в осевом направлении при компенсации тепловых деформаций и снижения общих деформаций при неосесимметричных нагрузках. Предложена расчетная модель определения коэффициентов конструкционной анизотропии оболочек с пологим гофрированием, что дает возможность использовать для них аппарат расчета гладких оболочек [15, 16]

6. Предложены и реализованы методы технологического регулирования анизотропии конструкционного слоя оболочки при намотке стеклотканями за счет изменения искривленности нити и перекоса прямоугольной структуры ячеек. В результате обоснованы применение «мягких» режимов намотки и возможность повышения характеристик материала по нужным направлениям. Разработанный способ намотки с трансформацией структуры ткани позволяет эффективно решать изготовление оболочек, в т.ч. пологогофрированных. [3, 16].

8. Разработан ряд вариантов конструктивно — технологических решений оболочек трехслойной структуры с легким наполнителем, а также изготовления сборных оболочек, отличающихся технологичностью и низкой материалоемкостью. Разработаны и обоснованы технические решения по изготовлению оболочек газоотводящих трактов методом подращивания [1, 3, 14]

9. Разработаны варианты криволинейных сборных конструкций диффузоров и конфузоров, которые могут быть в составе газоотводящего тракта (см. рис. 3). Благодаря двоякой кривизне поверхностей этих элементов при достаточно тонкой стенке (6...15 мм) такая конструкция обладает необходимой жесткостью. В диффузорах с криволинейной образующей сопротивление меньше, и могут применяться гораздо большие по величине углы раскрытия и соответственно более короткие диффузоры [1, 4, 9].

10. Разработаны и реализованы ряд технических решений по соединению элементов газоотводящих трактов неразъемными и разъемными стыками, которые позволяют существенно удешевить конструкции и сократить сроки монтажа.

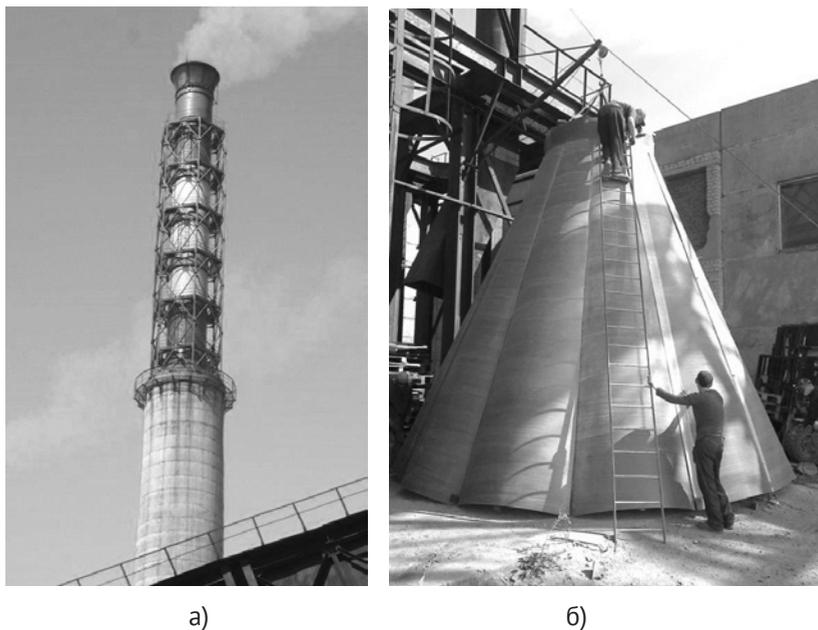


Рис. 2. Примеры оболочек двойной кривизны из ПК для конструкций ДТ:
а) диффузор диаметром 4,6 м; б) confrузор в процессе контрольной сборки

Дымовые трубы и газоходы из ПК предусматривают их сборку из отдельных цилиндрических оболочек — царг. Возможно изготовление негабаритных изделий непосредственно на месте монтажа, в том числе на мобильных намоточных установках.

Стенка царг может состоять из нескольких слоев (см. рис. 3). Допускается стенка, состоящая только из конструкционного слоя (однородная стенка). Для повышения прочности и жесткости царг возможно предусматривать кольцевые, а при соответствующем обосновании также продольные ребра жесткости.

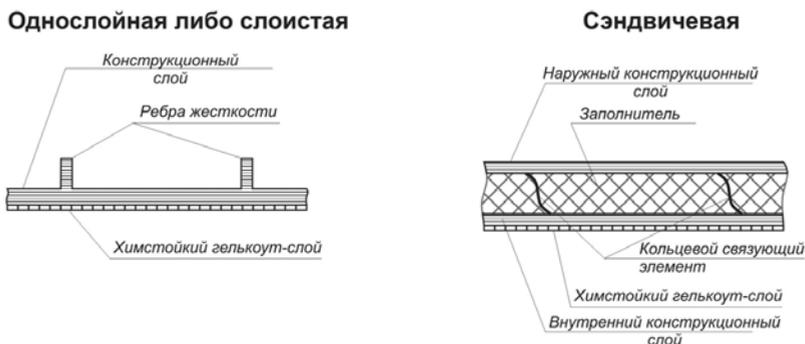


Рис. 3. Продольные сечения оболочек различных типов из полимерных композитов

Теплоизоляционный слой из минераловатных плит и им подобных материалов может располагаться между конструктивными слоями, образуя «сэндвич»-конструкцию. В этом случае конструктивные (несущие) слои должны быть соединены между собой кольцевыми связующими элементами или ребрами.

Разработки научно-технических проблем в области газоотводящих трактов из полимерных композитов и результаты их внедрения в народном хозяйстве удостоены премией СМ СССР за 1988 год и Правительства РФ за 2013 год. На разработки технических решений по газоотводящим трактам из полимерных композитов, их элементам, технологии их изготовления и возведения получено более 50 патентов РФ. Исследования по определению области применения ПК для газоотводящих трактов, подходы к их расчетам и прогнозированию эксплуатационных свойств легли в основу разрабатываемого национального свода правил РФ.

Литература

1. Дымовые трубы и элементы газоотводящих трактов из полимерных композиционных материалов: Монография / В.М. Асташкин, В.С. Жолудов, А.З. Корсунский, Е.В. Малютин, Б.Б. Спорыхин; Под редакцией Гусева Б.В. и Горелого К.А. — Челябинск, «Абрис-принт», 2011. — 155 с.
2. *McConnell V.* Getting ducts in a row with corrosion-resistant FRP / *Vicky P. McConnell* // Reinforced plastics. — 2011. — JULY/AUGUST 2011 — P. 20–26.
3. *Асташкин В.М., Мишнев М.В., Пазушан В.А.* Крупногабаритные оболочки из стеклопластиков в химических аппаратах и газоотводящих трактах // Композитный мир, 2006, №6. — С. 10–14.
4. *Асташкин В.М., Шматков С.Б., Шматков А.С.* Газоотводящие стволы из полимерных композитов в дымовых трубах большой энергетики // Вестник ЮУрГУ, Серия: «Строительство и архитектура». — 2015. — Т. 15, № 2. — С 20–25. /3406.
5. *Astashkin V.M., Mishnev M.V.* On The Development of the Manufacturing Technology of Fiberglass Cylindrical Shells of Gas Exhaust Trunks by Buildup Winding / *Procedia Engineering* 150 (2016) 1636–1642; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705816314588>
6. Основные принципы технологии изготовления и возведения дымовых труб из полимерных композиционных материалов способом вертикальной намотки с подрачиванием/ *Мишнёв М.В., Асташкин В.М., Маликов Д.А., Королев А.С., Зырянов Ф.А.*// «Инженерный вестник Дона», 2013, № 3; <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1837>
7. *Страхова Н.А., Горлова Н.Ю.* Концепция энергоресурсосберегающей деятельности в промышленности // «Инженерный вестник Дона», 2011, №1; <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/359>.
8. *Асташкин В.М., Михайлова О.Е.* К расчету полимерных конструкций внешних газоотводящих трактов теплоагрегатов ТЭС при снижении температуры отводимых газов ниже точки росы. — Перспективы науки, 2009, № 2. — С. 18–21.

9. *Astashkin V., Shmatkov S., Shmatkov A.* Polymer Composite Rational Application Field in the Gas-escape Channel Construction of Industrial Chimneys and Ventilation Pipes // *Procedia Engineering* 150 (2016). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816314758>
10. *Асташкин В. М., Пазущан В. А., Лужков В. А., Субботин Е. В.* Эффективность применения стеклопластика в стволах газоотводящих труб // Труды XVIII Российской школы, посвященной 75-летию академика В. П. Макеева. — Миасс, 1999. — С. 87–91.
11. *Асташкин В. М., Шматков С. Б., Шматков А. С.* О расчетных сопротивлениях новых теплоустойчивых полимерных композитов, применяемых для дымовых и вентиляционных промышленных труб // «Инженерный вестник Дона», 2015, № 4. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3406>.
12. *Асташкин В. М., Иванов С. Г., Кувшинов Н. С.* Основы расчета элементов конструкций из бипластмасс типа термопласт-стеклопластик // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. — Новосибирск, 1977, №7, с.24–28.
13. Руководство по проектированию, расчету и методам контроля газоходов и ванн из бипластмасс / *Асташкин В. М., Иванов С. Г., Кувшинов Н. С., Продайко В. В.* — М.: ЦБНТИ ММСС СССР, 1979, 122 с.
14. *Асташкин В. М., Мишинёв М. В.* Стеклопластиковые оболочки трехслойной структуры с легким наполнителем, изготавливаемые методом намотки // «Инженерный вестник Дона», №2 (2017). — 11 с.; <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4225>.
15. Газоходы из пластмасс и характер их работы в системах газоочистки промпредприятий / *Асташкин В. М., Лихолетов В. В., Пазущан В. А., Терещук С. В.* — В сб.: Исследования по строительной механике и строительным конструкциям. — Челябинск: ЧПИ, 1985, с.97–105.
16. *Асташкин В. М.* Методы расчётной оценки и конструктивно-технологические способы повышения несущей способности оболочек из пластмасс в технологических конструкциях сооружений промпредприятий. Автореферат дисс. на соискание уч. степени докт. техн. наук. Екатеринбург, Уральский государственный технический университет (УГТУ-УПИ) 1996. — 34 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДА ИНДУКЦИИ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ СМЕСЕЙ ПАРОВ СТРУКТУРНО НАПРЯЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ВОЗДУХОМ

Ежов В. М.,

email: vmezhev@ciam.ru, моб. тел.:8(916)5068512

Ильина М. А., Куликов С. В., Червонная Н. А., Яновский Л. С.

Российская инженерная академия,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук, г. Черноголовка

Известно, что энергоёмкость углеводородных топлив повышается с увеличением содержания углерода в молекуле. Ограничением повышения содержания углерода является уровень вязкостно-температурных свойств и переход к твердому агрегатному состоянию топлива.

Энергоёмкость топлива может быть повышена при сохранении уровня вязкостно-температурных свойств путем введения в молекулу алканов малых циклов. Известно, что циклоалканы C_3 и C_4 обладают повышенной теплотой сгорания в сравнении с циклоалканами C_6 и выше, а также алканами линейной и разветвленной структуры вследствие их структурной напряженности.

Одним из ключевых показателей процесса горения топливовоздушных смесей в камерах сгорания является ПИВ. Данные по ПИВ могут быть использованы при проектировании камер сгорания перспективных двигателей, создании новых энергоёмких горючих и оценки возможности их применения на изделиях авиатехники.

Период индукции воспламенения топлива включает процессы распыла, испарения, смешения с окислителем, нагрева и периода индукции или задержки воспламенения. Период индукции (ПИ) может быть исследован с применением ударных труб. Этот метод характеризуется широким диапазоном температур и давлений смеси, а также высокой точностью измерений, обусловленных высокой скоростью нагрева смеси и практически полным отсутствием тепловых потерь [1].

Проведены исследования индукционного периода смесей структурно напряженных углеводородов (СНУВ) с брутто-формулой C_9H_{12} в зависимости от коэффициента избытка окислителя — α и температуры. Для сравнения приведены результаты исследования индукционного периода для смеси паров гептана с воздухом.

Исследования проводились в падающих ударных волнах на ударной трубе ИПХФ РАН. Ударная труба позволяет проводить исследования при температуре в диапазоне 700–10000 К при давлении до 100 бар (рис. 1).

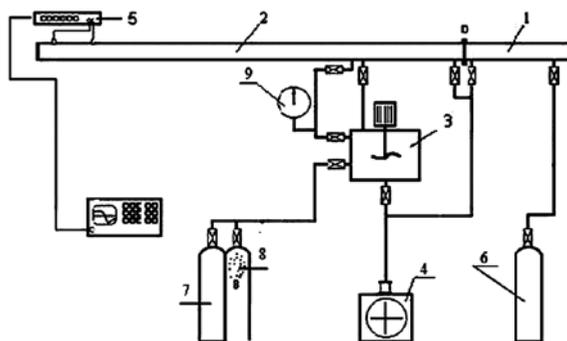


Рис. 1. Установка «Ударная труба – 1»

1 – камера высокого давления, 2 – канал низкого давления, 3 – смеситель, 4 – вакуумный насос, 5 – пьезоэлектрические датчики и фотоэлектронный умножитель, 6 – баллон с газом-толкателем, 7 – сосуд с жидким углеводородом, 8 – воздушный фильтр, 9 – манометр.

Определяются температура, давление и скорость потока за фронтом ударной волны, а также период индукции топливоздушной смеси [1].

Значения времени задержки воспламенения и параметры за фронтом рассчитаны на основе экспериментально определённой скорости падающей волны D . Начало химического процесса определялось по появлению излучения радикала $\text{OH}\cdot$. В качестве толкающего газа использовался He [3,4].

Испытуемая смесь сжималась ударной волной, образующейся вследствие разрыва диафрагмы, разделяющей канал низкого давления (КНД) и камеру высокого давления (КВД).

Измерялись скорость ударной волны — D , температура установки — T_1 , давление смеси в КНД — P_1 и время задержки воспламенения топливоздушной смеси — t_2 .

Температура T_2 , давление P_2 и скорость потока V_2 за фронтом ударной волны рассчитывались по известным соотношениям [4].

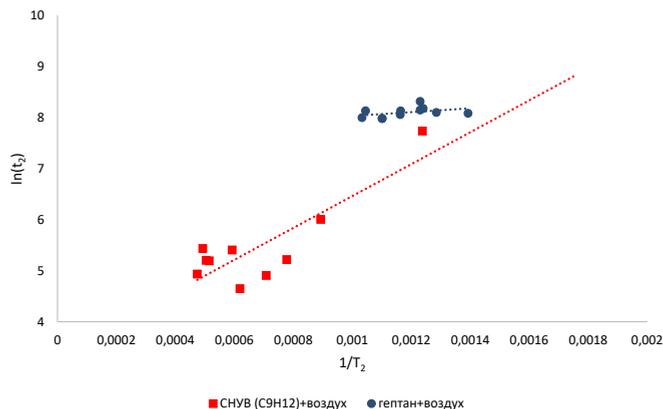


Рис. 2. Зависимость ПИ СНУВ и гептана от температуры

Согласно полученным результатам, ПИ смеси паров СНУВ с воздухом понижается с повышением числа α и температуры (рис. 2).

Значения ПИ структурно напряженных углеводородов и гептана сопоставимы при температуре 770 К. При температурах ниже 770 К значения ПИ СНУВ ниже значений ПИ гептана. При понижении температуры разница значений ПИ СНУВ и гептана возрастает.

Список литературы:

1. Куликов С. В., Манелис Г. Б., Терновая О. Н. Влияние добавки Хе на поступательную неравновесность газовой смеси He-O₂-H₂ во фронте ударной волны, «Химическая физика», 2021, том 40, № 3. С. 31–40.
2. Гейдон А., Герл И. Ударная труба в химической физике высоких температур. — Москва: Изд. «Мир», 1966. — 428 с.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. Теоретическая физика: т. VI, 3-е изд., перераб. — М.: Наука., 1986. — 736 с.
4. Атанов Г. А., Ежов В. М., Куликов С. В. и др. Зависимость порога детонации смеси H₂-воздух от малых добавок Хе, «Химическая физика», 2007, том 26, № 6, С. 73–76.

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ И ТОЧНЫЙ МЕТОД ГЛАДКОЙ
ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПО ВРЕМЕННОМУ РАЗРЕЗУ
В ИКС «ИНФОРМГЕО»**

**A PRODUCTIVE AND ACCURATE METHOD
OF SMOOTH TIME-SECTION INTERPOLATION
IN THE IMS «INFORMGEO»**

Горбачев С. В.,

*Национальный исследовательский Томский
государственный университет, Томск*

Кузин В. Ф.,

*Российская инженерная академия,
Москва*

С. Бхаттачарья,

*Раджнагар Махавидьялая,
Бирбхум, Индия*

Gorbachev S. V.,

National Research Tomsk State University, Tomsk

Kuzin V. F.,

*Russian Academy of Engineering,
Moscow*

Siddhartha Bhattacharyya S,

*Rajnagar Mahavidyalaya,
Birbhum, India*

Аннотация. Описаны функциональные возможности интерпретационной картографической системы «ИнформГео» в области полуавтоматического прослеживания целевых и сейсмических горизонтов по 2D/3D материалам сейсмических съемок на нефтяном месторождении. Предложен производительный и точный метод кубической сплайн-интерполяции по временному разрезу, обладающий свойством наименьшей линеаризированной среднеквадратичной кривизны среди всех интерполянтов.

Ключевые слова: нефтяное месторождение, сейсморазведка, временной разрез, сплайн-интерполяция

Abstract The functional capabilities of the interpretive mapping system «InformGeo» for semi-automatic tracking of target and seismic horizons based on 2D/3D

seismic survey data at an oil field are described. A method of cubic spline interpolation through a time section, which has the property of the smallest linearized curvature among all interpolants, is proposed.

Keywords: oil field, seismic survey, time section, spline interpolation

Введение

Основные современные методы поиска и картирования залежей углеводородов базируются на представлениях о современном статичном состоянии горных пород. Для более точных построений трехмерных геологических моделей потребовались специальные исследования вычислительных аспектов интерполянтов, применяемых в различных геоинформационных системах. В основе многих решений лежат математические методы интерполяции и аппроксимации, искажающие исходные данные появлением «ложных» экстремумов или, наоборот, сглаживающие исходные данные.

Так, интерполяционные формулы Лагранжа, Ньютона, Стирлинга и др. при использовании большого числа узлов интерполяции на всем отрезке $[a, b]$ часто приводят к плохому приближению из-за накопления погрешностей в процессе вычислений [1]. Кроме того, из-за расходимости процесса интерполяции увеличение числа узлов не обязательно приводит к повышению точности.

Эксперт-геофизик, анализируя интерполяционную кривую и рассчитывая по ней элементы залегания пласта или аномальные эффекты, в этом случае ориентируется на данные, искаженные во время самого вычислительного процесса. За счет аппроксимации (метод наименьших квадратов и др.), наоборот, происходит сглаживание исходных данных, т.е. уничтожается полезная информация. Поэтому в первую очередь необходимо иметь наименее искажающие исходную информацию способы интерполяции, а другие методы рассматривать уже как способы формирования гридов или трансформант. Для снижения погрешностей весь отрезок $[a, b]$ разбивается на частичные отрезки и на каждом из них функцию заменяют приближенно полиномом невысокой степени.

Для залежей углеводородов необходимо иметь в виду, что система «порода-вода-нефть» является сложной геохимической средой — пликативные складки и нарушения образуются в процессе течения и дифференциации горной породы в условиях больших температур и давления и в длительном геологическом промежутке времени, тем самым прослеживается частичная аналогия с гидродинамическим плоским движением вязкой жидкости, описываемым гладкими дважды непрерывно дифференцируемыми функциями, удовлетворяющим уравнению Лапласа. Поэтому среди аппроксимационных функций по профилям горизонтов в ИКС «ИнформГео» применяются куби-

ческие сплайны, обладающие указанными свойствами [2]. Такие сплайны зарекомендовали себя как наиболее универсальный инструмент приближения функций и эффективное средство решения самых разнообразных прикладных задач благодаря хорошим аппроксимативным свойствам в сочетании с простотой реализации на ЭВМ. К тому же, разработанные вычислительные схемы по приближению поверхностей оказались также удобны и эффективны для широкого класса гладких поверхностей и быстро прижились в практике.

В данной статье рассмотрен алгоритм определения коэффициентов кубических сплайнов — вторых производных сплайн-функций во внутренних точках x_k . Основная цель интерполяции — получить быстрый (экономичный) и точный алгоритм вычисления значений функции $f(x)$ для значений x , не содержащихся в таблице данных.

Функциональные модули ИКС «ИнформГео»

Интерпретационная картографическая система «ИнформГео» на базе персонального компьютера [3] позволяет решать обратную задачу сейсмо-разведки на основе следующих функциональных модулей:

- ввод сейсмического временного разреза;
- идентификация опорных и целевых горизонтов;
- учет невязки в пересечениях профилей;
- расчет и прослеживание дизъюнктивных сбросов;
- коррекция невязки;
- построение трехмерных полей параметров по площади месторождения;
- сейсмологографическое преобразование временных разрезов в глубинные.

Система позволяет также обрабатывать данные гравиразведки, гамма-спектрометрии, магниторазведки как индивидуально, так и в комплексе с сейсмическим материалом с расчетом комплексных прогнозных параметров и построения согласованных геолого-геофизических моделей месторождений углеводородов на основе спектрально-энергетических, статистических и нейро-нечетких методов [4].

Функции модуля «ВВОД» позволяют производить загрузку точек данных, сеток и контуров из ASCII-файлов, экспорт ASCII-файлов, загрузку прослеженных данных по горизонтам, загрузку параметров, полученных на любом этапе работы с проектом, сохранение модели в виде сеток, контуров, контроль цветовой гаммы входных и выходных данных.

Модуль «РАЗРЕЗ» включает идентификацию и полуавтоматическое прослеживание целевых и сейсмических горизонтов по 2D/3D сейсмическим съемкам по времени, амплитудам с применением кубической сплайн-интерполяции, функции взаимной корреляции и методов распознавания образов (рис. 1):

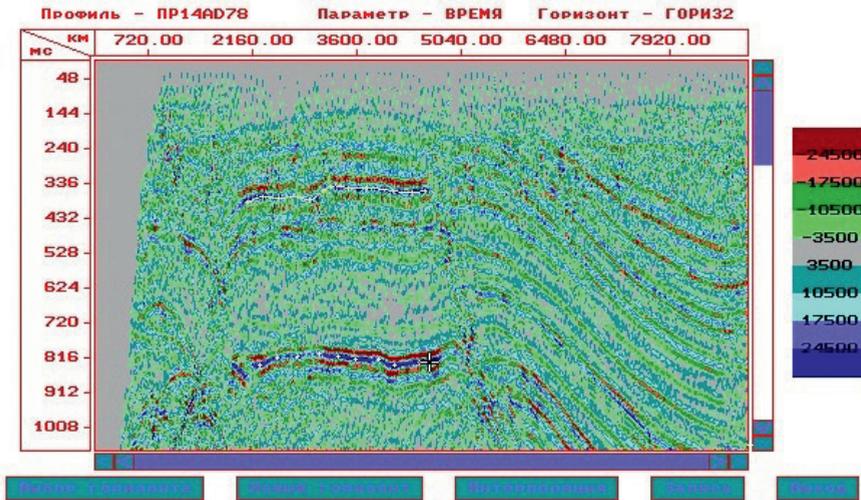


Рис. 1. Временной разрез по профилю ПР14АD78

Данные по интерпретации разлома, полученные по временным разрезам сейсмоки (разломная тектоника), увязываются по площади района работ (трассирование разломов), разлом анализируется на основе других геофизических методов.

Алгоритмы прослеживания используют сплайн-методы для интерполяции по контрольным точкам, рассчитывают дифференциальные характеристики линий, элементы залегания структур, обрабатывают невязки в точках пересечения профилей.

В ИКС «ИнформГео» предусмотрен анализ параметрической информации с совмещением графиков распределения параметров по горизонтам и профилям (рис. 2):

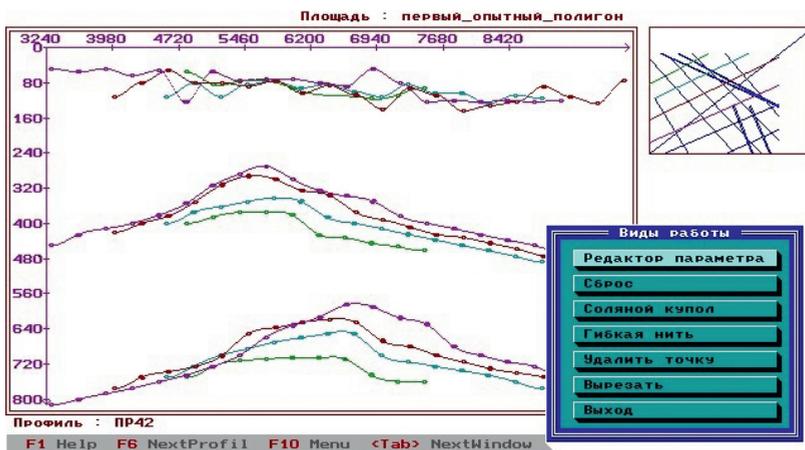


Рис. 2. Графики распределения параметров по горизонтам и профилям.

Функции модуля позволяют в полуавтоматическом режиме создать и отредактировать геологическую модель:

- изменять параметры прослеженных горизонтов и рассчитанных параметров и исправлять ошибки;
- в режиме реального времени проводить сглаживание или, наоборот, усиление особенностей графиков распределения параметров.

Прослеживание сейсмических горизонтов

Особенностями математического и алгоритмического обеспечения ИКС «ИнформГео» являются уникальные разработки в области прослеживания (пикинга) поверхностей пликативных складок и трассирование дизъюнктивных дислокаций по вертикальным разрезам, идентификации и построения трехмерной модели нефтяного месторождения [3].

С этой целью в ИКС «ИнформГео» решены следующие задачи :

1. Минимизированы искажения исходных данных за счет сплайн-интерполяции по профилю, формирования специальным образом полигонов в сетке параметра, пересчета на сетку конечно-разностными методами решения дифференциальных уравнений, описывающих пликативные поверхности раздела.

2. Производится расчет элементов залегания пликативных складок и трассируются дизъюнктивы.

3. Строятся сетки поверхностей складок, дизъюнктивов и трехмерные тела, ограниченные сложными геологическими границами.

Расчет сложных геологических границ, ограничивающих геологические тела, идет по схеме от профильных вертикальных разрезов или горизонтальных срезов для идентификации и прослеживания границ, увязки границ в точках пересечения профилей к интерполяции на сетку и синтезу трехмерной структурной геолого-геофизической модели.

По вертикальным разрезам выбор интерполянта обусловлен хорошими аппроксимационными качествами сплайн-метода по всему профилю, где определено и задано изменение данной функциональной зависимости.

По методу сейсморазведки на предполагаемом месте залегания породы (нефти, газа) выделяется полигон с координатами (X_D, Y_D, X_C, Y_C) в мировой системе координат. На этом полигоне в различных точках прямолинейных участков (звеньев) профилей производятся взрывы. Соответствующие параметры замеряются сейсмоприемной аппаратурой и заносятся в первичные файлы данных.

Пусть по профилю имеется $n+1$ точек анализа x_k со значениями параметра $f(x_k)$, $k=0, \dots, n$. В ИКС «ИнформГео» применяется кубическая сплайн-интерполяция, сочетающая хорошие аппроксимационные качества с локальным характером сплайна.

Покажем, как находятся коэффициенты сплайна (в данном случае коэффициентами являются вторые производные сплайн-функции во внутренних точках x_k) и почему применяется именно этот способ интерполяции.

Кубическая сплайн-интерполяция по профилю

Кубический сплайн представляет собой функцию $P_3(x)$, которая непрерывна на всем отрезке $[x_0, x_n]$ вместе со вторыми производными, а на каждом внутреннем отрезке $[x_{k-1}, x_k]$, $k=1, \dots, n$ является алгебраическим многочленом 3-й степени:

$$\begin{aligned} P_{3k}(x) &= a_{3k}x^3 + a_{2k}x^2 + a_{1k}x + a_{0k}, \\ P_{3k}(x_k) &= f(x_k) \end{aligned}$$

т.е. должны выполняться соотношения:

$$\begin{cases} P_{3k}(x_k) = P_{3,k+1}(x_k) = f(x_k), & k=1, \dots, n-1 \\ P_{31}(x_0) = f(x_0) \\ P_{3n}(x_n) = f(x_n) \end{cases}$$

Краевые условия зададим в нормальном виде:

$$\begin{aligned} P_{31}''(x_0) = P_{3n}''(x_n) &= 0, \text{ или} \\ \begin{cases} 6a_{31}x_0 + 2a_{21} = 0 \\ 6a_{3n}x_n + 2a_{2n} = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

Для решения полученной системы линейных уравнений применим следующий прием.

Обозначим через M_k 2-ю производную $P_{3k}(x)$ во внутренней точке x_k :

$$M_k = P_{3k}''(x_k), \quad k=1, \dots, n-1$$

Учитывая непрерывность 2-й производной $P_{3k}(x)$ в точках x_k , приходим к системе из $n-1$ уравнений с $n-1$ неизвестными M_1, \dots, M_{n-1} , матрица которой трехдиагональна и симметрична. Такие системы удобно решать методом прогонки [3].

Покажем, что построенный сплайн $P_3(x)$ доставляет минимум функционалу:

$$\Phi(y) = \int_a^b \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 dx$$

среди всех функций $y(x)$, имеющих непрерывные, интегрируемые с квадратом вторые производные и таких, что $y(x_k) = f(x_k)$, $k=0, \dots, n$.

Рассмотрим величину:

$$\Phi(y - P_3) = \int_a^b \left(\frac{d^2 (y - P_3)}{dx^2} \right)^2 dx$$

Очевидно, что правая часть этого выражения ≥ 0 .

Преобразуем $\Phi(y - P_3)$ следующим образом:

$$\begin{aligned} \Phi(y - P_3) &= \int_a^b \left(\frac{d^2(y - P_3)}{dx^2} \right)^2 dx = \int_a^b \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 dx - \int_a^b \left(\frac{d^2 P_3}{dx^2} \right)^2 dx - \\ &- \left[2 \int_a^b \frac{d^2 y}{dx^2} \frac{d^2 P_3}{dx^2} dx - 2 \int_a^b \left(\frac{d^2 P_3}{dx^2} \right)^2 dx \right] = \Phi(y) - \Phi(P_3) - 2 \int_a^b \left(\frac{d^2 P_3}{dx^2} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} - \frac{d^2 P_3}{dx^2} \right) \right) dx \end{aligned}$$

Последний интеграл возьмем по частям:

$$\begin{aligned} \int_a^b \left(\frac{d^2 P_3}{dx^2} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} - \frac{d^2 P_3}{dx^2} \right) \right) dx &= \frac{d^2 P_3}{dx^2} \left(\frac{dy}{dx} - \frac{dP_3}{dx} \right) \Big|_{x=a}^{x=b} - \int_a^b \left(\frac{dy}{dx} - \frac{dP_3}{dx} \right) \frac{d^3 P_3}{dx^3} dx = \\ &= P_3''(b) [y'(b) - P_3'(b)] - P_3''(a) [y'(a) - P_3'(a)] - \sum_{k=1}^n \int_{x_{k-1}}^{x_k} \left(\frac{dy}{dx} - \frac{dP_3}{dx} \right) \frac{d^3 P_3}{dx^3} dx \end{aligned}$$

Учитывая, что $P_3''(a) = P_3''(b) = 0$ и $P_3'''(x) = 6a_{3k}$ для $x_{k-1} \leq x \leq x_k$, получим:

$$\int_a^b \frac{d^2 P_3}{dx^2} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} - \frac{d^2 P_3}{dx^2} \right) dx = 6 \sum_{k=1}^n a_{3k} (P_3(x) - y(x)) \Big|_{x=x_{k-1}}^{x=x_k} = 0$$

Итак, $\Phi(y - P_3) = \Phi(y) - \Phi(P_3)$.

Отсюда $\Phi(P_3) = \Phi(y) - \Phi(y - P_3) \leq \Phi(y)$, что и требовалось доказать.

Таким образом, кубический сплайн имеет наименьшую линейризованную среднеквадратичную кривизну среди всех интерполянтов. Поэтому, если приближающая функция ищется среди функций наибольшей гладкости, то наилучшей оказывается интерполяция кубическими сплайнами (рис.3).

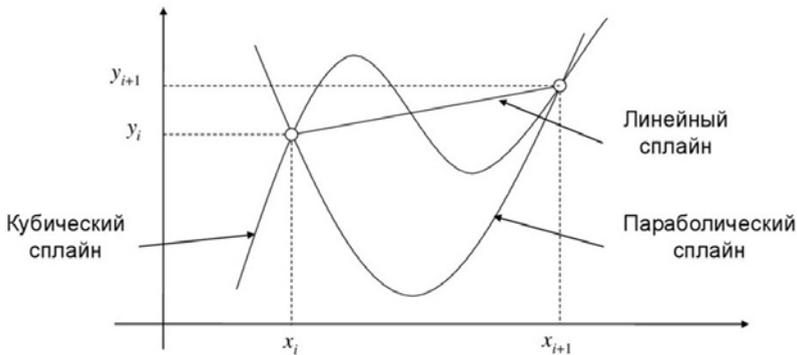


Рис. 3. Интерполяция различными сплайнами

Кроме того, при одинаковой точности вычислительный аспект у сплайн-функций ниже, а при одинаковых вычислительных затратах точность выше

по сравнению с интерполированием на основе алгебраических полиномов, гармонических, экспоненциальных и других функций.

Результат интерполяции — коэффициенты сплайна (по ним сплайн-функция однозначно восстанавливается на отрезке $[x_0, x_n]$) — заносятся в файл типа «профиль».

Построенные по профилям двумерные модели параметра используются экспертами-геофизиками для предварительного анализа и интерпретации данных, в ходе которого они могут рассчитать элементы залегания пласта на основе дифференциальных характеристик сплайна, вычислить точки максимумов, минимумов и перегибов, а также контролировать угол наклона на прямолинейных участках горизонта. Для экспертов важно, чтобы значения функции по параметру, как правило, находились внутри определенных интервалов, особенно вблизи разведочных скважин. Кроме того, с помощью преобразований можно получить более сглаженные или наоборот, подчеркнуть дизъюнктивные особенности модели, а также проверить исходные данные на наличие ошибок (шума).

Отметим еще одно свойство кубического сплайна — это его локальные свойства, что играет важную роль при прослеживании опорных или целевых горизонтов и редактировании графиков параметров или модели. При удалении или добавлении новых точек пересчет сплайн-функции происходит только в пределах отрезка, где произошло изменение. Стыковка измененной части функции с оставшейся достигается с помощью задания граничных условий на концах интервала.

Заключение

Описаны функциональные возможности интерпретационной картографической системы «ИнформГео» в области полуавтоматического прослеживания целевых и сейсмических горизонтов по 2D/3D материалам сейсмических съемок на нефтяном месторождении. Предложен производительный и точный метод кубической сплайн-интерполяции по временному разрезу, обладающий свойством наименьшей линеаризированной среднеквадратичной кривизны среди всех интерполянтов. Описан алгоритм определения коэффициентов кубических сплайнов — вторых производных сплайн-функций во внутренних точках.

В процессе построения двумерных моделей параметров в ИКС «ИнформГео» рассчитываются элементы залегания пласта на основе дифференциальных характеристик сплайна, вычисляются точки максимумов, минимумов и перегибов, а также контролируется угол наклона на прямолинейных участках горизонта.

Использование данных программных средств обеспечивает интерактивную интерпретационную обработку сейсмического материала, а также комплексную его интерпретацию с другими геофизическими методами на ПЭВМ, оформление отчетного картографического материала в соответствии с принятыми отечественными стандартами, обмен данными между различными геоинформационными системами. Разработка отмечена серебряной медалью

и Дипломом Минпромнауки РФ на Международной выставке «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» за разработанные методы нейрокомпьютерной обработки комплексных геолого-геофизических материалов в ИКС «ИнформГео» с целью прогноза нефтегазоносности (С-Петербург).

Список литературы

1. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.: Наука, 1989. 430 с.
2. Горбачев С.В., Чебаков А.В. Математико-алгоритмические методы построения моделей месторождений с трассированием дизъюнктивов в геоинформационной системе «ИнформГео» // Матер. III-го Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр». Томск: ТПУ, 1999. С. 34–35.
3. Горбачев С.В., Гафуров О.М. ИКС «ИнформГео»: опыт использования нейроинформационных технологий // Матер. VIII Всероссийского семинара «Нейроинформатика и ее приложения». Красноярск: КГТУ, 2000. С.146–148.
4. Горбачев С.В., Сыряжкин В.И., Рудаков И.Б. Распознавание сложнопостроенных залежей нефти, газа на основе нейро-нечетких портретов. Saarbrucken: LAMBERT Academic Publishing, 2013. 173 с.
5. Mazzitell G., [et al.]. FTU results with a liquid lithium limiter // Nuclear Fusion. 011. V. 51. № 7.
6. Kugel H.W., [et al.]. NSTX plasma operation with a Liquid Lithium Divertor. // Fusion Engineering and Design. 2012. V. 87. 1724–1731.
7. Mirnov S.V., [et al.]. Recent lithium experiments in tokamak T-11M // Journal of Nuclear Materials. 2013. V. 438. P. S224–S228.
8. Golubchikov L. G., [et al.]. Development of a liquid-metal fusion reactor divertor with a capillary-pore system // J. Nucl. Mater. 1996. V. 233–237. P. 667–672.
9. Zharkov M.Yu., [et al.]. Development of Lithium CPS Based Limiters for Realization of a Concept of Closed Lithium Circulation Loop in Tokamak // Physics Procedia. 015. V. 71. P. 47–51.
10. Mirnov S.V., [et al.]. Experimental test of the system of vertical and longitudinal lithium limiters on T-11M tokamak as a prototype of plasma facing components of a steady-state fusion neutron source // Nucl. Fusion. 2015. V. 55. 123015.
11. Mazzitelli G., [et al.]. Experiments on FTU with an actively water cooled liquid lithium limiter // Journal of Nuclear Materials. 2015. V. 463. P. 1152–1155.
12. Scotti F., [et al.]. Lithium sputtering from lithium-coated plasma facing components in the NSTX divertor // Journal of Nuclear Materials. 2015. V. 463. P. 1165–1168.
13. Chen Zhaoxi, [et al.]. Preliminary design and performance study of EAST liquid lithium limiter based on CPS // Fusion Engineering and Design. 2014. V. 89. P. 2685–2690.
14. Lyublinski I.E., Vertkov A.V., Zharkov M.Yu., Mirnov S.V., Vershkov V.A. Development of lithium and tungsten limiters for test on T-10 tokamak at high heat load condition // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016. V.130. 012019.
15. Tabarés Francisco L., [et al. TJ-II Team]. First liquid lithium limiter biasing experiments in the TJ-II stellarator // Journal of Nuclear Materials. 2015. V. 463. P. 1142–1146.

АРХИТЕКТУРНО-КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА УКРУПНЕНИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ САРАНСКА

THE ARCHITECTURAL AND CULTURAL SPECIFICS OF THE ENLARGEMENTS OF THE PLANNING STRUCTURE OF SARANSK

*Гельфонд А. Л., Дуцев М. В., Ерофеева И. В., Моисеенко В. А.,
Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет, Саранск
gelfond@bk.ru nn2222@bk.ru ira.erofeeva.90@mail.ru vlalmo@mail.ru
vlalmo@mail.ru*

*Anna Gelfond, Michael Dutzev, Irina Erofeeva, Vladimir Moiseenko
National Research Mordovia State University, Saransk*

Аннотация. На примере Саранска с архитектурной и культурологической точек зрения рассматривается одно из наиболее характерных следствий реновации исторической части российских городов, а именно, укрупнение их планировочной структуры. Наиболее детально анализируется так называемый «Мега-ансамбль четырех тематических кварталов». В заключении выявляется сравнительный статус «урбанистической актуальности» рассмотренного явления на фоне других проблем реконструкции исторических центров российских городов.

Abstract. Using the example of Saransk from the architectural and cultural points of view, we consider one of the most characteristic consequences of the renovation of the historical parts of Russian cities, namely, the enlargement of their planning structure. The so-called “Mega-ensemble of four thematic quarters” is analyzed in the most detailed way. In conclusion, the comparative status of the “urban relevance” of the considered phenomenon is revealed on the background of a number of other problems of reconstruction of the historical centers of Russian cities.

Ключевые слова. Город Саранск, генеральные планы, укрупнение планировочной структуры, мега-ансамбль четырех тематических кварталов, реновация исторического центра.

Keywords. Saransk city, general plans, enlargement of the planning structure, mega-ensemble of the four thematic districts, renovation of the historical center,

Введение

Масштабная трансформация архитектурно-планировочной структуры города — чрезвычайно ответственное и одновременно неоднозначное мероприятие. Часто профессионалы и городские сообщества расходятся

во мнениях, а жители города становятся критиками осуществляемых мер. Так, хрестоматийным примером в истории градостроительства остается проведенная в третьей четверти XIX столетия реконструкция Парижа под руководством префекта барона Османа, результаты которой французская творческая интеллигенция определила как «Париж, который мы потеряли».

...В послевоенном СССР, даже в той его части, которая не была затронута военными действиями, масштабные мероприятия по перепланировке городов воспринимались населением иначе — как необходимое «восстановление страны от разрухи». При этом еще в 1920–1930 гг. в российских городах был утрачен целый ряд градостроительных доминант: многие культовые сооружения были уничтожены или приспособлены под иные функции с нарушением художественного облика. Снос утерявших ансамблевое единство, десятилетиями не ремонтировавшихся и не обновлявшихся элементов дореволюционной гражданской застройки уже не рождал внутреннего протеста населения, ввиду того, что эти здания находились на пути планируемых широких магистралей и просторных площадей. Наконец, владельцам намеченного к сносу ветхого жилья предоставлялась жилплощадь в современных (на тот момент) многоэтажных многоквартирных домах.

Эти процессы развивались достаточно долго. И теперь, по прошествии десятилетий, можно выявить основные результаты урбанистической трансформации российских городов за определенный период, преимущественно послевоенный.

Эволюция Генеральных планов Саранска

Дифференцируя элементы пространственной системы города на «каркас», «ткань» и «плазму», А. Э. Гутнов и И. Г. Лежава, отмечали, что именно «каркас» представляет собой устойчивую, относительно неизменяемую часть системы [1]. Проследим трансформацию каждой из этих составляющих на примере эволюции Генерального плана столицы Республики Мордовия города Саранск, заложенного в 1641 г.

Состоявшееся в 1934 г. превращение Саранска из уездного центра бывшей Пензенской губернии в столицу автономной республики не только кардинально преобразило архитектурный облик города, но и внесло принципиальные изменения в его планировочную структуру. При сравнении генеральных планов города 1940-х и 2010-х гг. наряду с ростом микрорайонов обращает на себя внимание явное укрупнение планировочной структуры исторического центра.

В 1936 г. Ленинградский государственный институт проектирования городов «Гипрогор» разработал «Предварительную схему планировки Саранска с размещением объектов строительства на 1937 год». В 1940 г. этот же институт подготовил для столицы Мордовии новый документ — «Генеральную схему планировки Саранска», предусматривавшую в течение

последующих 15 лет реконструкцию существующей застройки и развитие города на вновь осваиваемых территориях, расположенных к северу и западу от его тогдашних границ. В 1951 г. московский институт «Горстройпроект» разработал новый проект планировки Саранска, который действовал с учетом дополнений, внесенных институтом «Гипрогор» в 1954 г. вплоть до 1967 г.

В 1967 г. Советом Министров РСФСР был утвержден «Генеральный план г. Саранска», подготовленный московским институтом «Гипрогор». Необходимость разработки этого нового генерального плана была вызвана, в частности, тем, что фактическая численность населения Саранска уже к 1966 г. составила 148 тыс. чел., намного превысив расчетную 110 тыс. Напомним, что в 1920 г. в Саранске проживало 14 тыс. чел. Согласно генплану две трети новых жилых зданий планировалось построить на свободных территориях, а одну треть — на реконструируемых с предварительным сносом ветхого деревянного фонда. Промышленные предприятия предполагалось размещать в северной и южной индустриальных зонах.

За время действия Генерального плана с 1967 г. до 1989 г. численность населения города увеличилась более чем в два раза и составила 312,5 тыс. чел. Естественно, что на протяжении всего этого периода строились и расширялись новые жилые районы, способные вместить хотя бы часть столь значительного количества людей. И вопреки генплану город стал расширяться стихийно, о чем, в частности, свидетельствуют следующие цифры. Если в 1961 г. совокупная по городу площадь селитебной застройки составляла 28,5 км², то в 1966 — уже 48,5, а в 1977 г. — 58 км². Иными словами, за полтора десятилетия она более чем удвоилась. К 1981 г. протяженность меридиональной и широтной планировочных осей города составила 20 и 16 км соответственно, что вполне сопоставимо и даже превышает (при развороте на 90 градусов) размеры Парижа в его официальных границах. И, как показала жизнь, на этом столица Мордовии исчерпала ресурсы своего территориального и демографического роста.

В 1988 г. Совет Министров РСФСР утвердил новый генеральный план Саранска, разработанный московским «Гипрогором». Он исходил из перспективной численности населения 375 тыс. чел. в 2000 г. и 400 тыс. чел. в 2010 г., но эти цифры остались лишь на бумаге, а численность населения Саранска в 1990-х — 2000-х гг. даже несколько снизилась по сравнению с предыдущими десятилетиями.

К 1998 г. специалистами московского Гипрогора был разработан проект корректировки генерального плана Саранска, где фактически признавался достигнутый им «предел роста». Исходя из этого очевидного факта, основной упор в проекте сделан на экологические мероприятия, охрану историко-культурного наследия, комплексную реконструкцию города, а также малоэтажное жилищное строительство.

После краткого обзора эволюции планировочной структуры Саранска за последние две трети столетия проиллюстрируем этот процесс несколькими картохемами (рис. 1).

Трансформация планировочной структуры Саранска

Своеобразным «картографическим камертоном» здесь служит четырехугольный, близкий к квадрату абрис, локализирующий соответствующий участок городской ткани и именуемый нами далее «мега-ансамблем четырех тематических кварталов». Подобно тому, как в европейской модели поименованы пространства музейно-выставочных комплексов [2, 3, 4, 5], можно поименовать и эти кварталы, используя их функциональное назначение. Действительно, в полном соответствии со своим названием данный мега-ансамбль образован зданиями, достаточно четко сгруппированными по типологическим характеристикам:

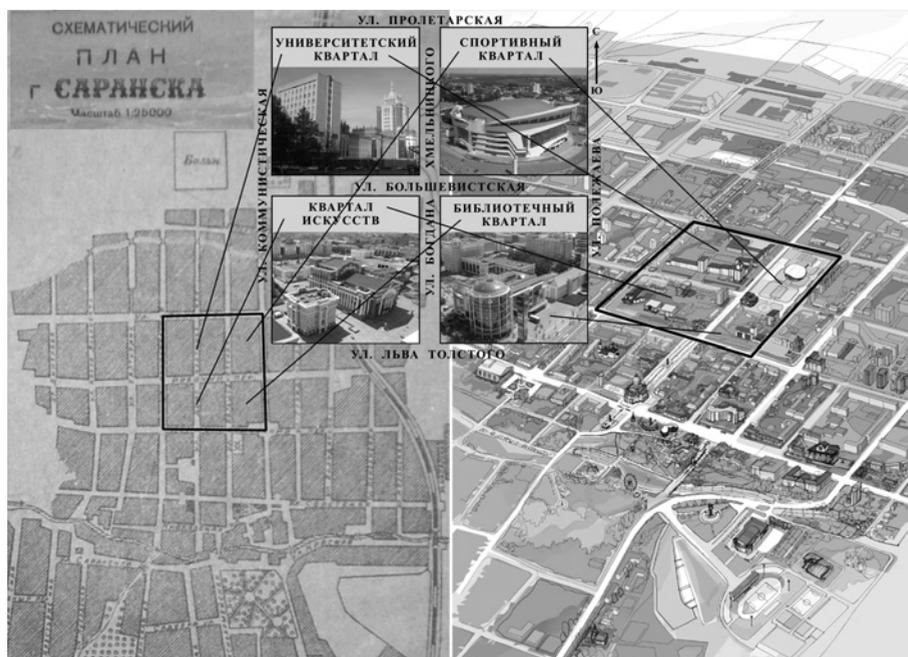


Рис. 1. Слева – центральная часть Саранска на схематическом плане города (1939 г). Справа – картохема центральной части Саранска по состоянию на середину 2010-х гг. Вверху по центру – картохема «мега-ансамбля четырех тематических кварталов» с ее локализацией на вышеуказанных картах. Коллаж авторов

- северо-западный *Университетский квартал* занят практически полностью корпусами Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева;
- в юго-западном *Квартале искусств* расположены Мордовский республиканский музей изобразительных искусств им. С. Д. Эрьзи, Республиканский дворец культуры, а также Театр оперы и балета;

- композиционным ядром юго-восточного *Библиотечного квартала* являются корпуса Национальной библиотеки им. А. С. Пушкина, а также здание Центральной городской детской библиотеки;
- значительная часть северо-восточного *Спортивного квартала* занята многофункциональным крытым амфитеатром «Саранск-арена» и Дворцом спорта.

При внимательном изучении фрагмента карты города 1939 г., представленном на рис. 1, обнаруживается, что на то время данный участок насчитывал не четыре, а шесть кварталов, застроенных почти исключительно деревянными одноэтажными частными домами. В настоящее время, когда эта ветхая застройка снесена, отрезка улицы Демократической, разрезавшего некогда нынешние *Квартал искусств* и *Университетский квартал*, уже не существуют. Таким образом, количество кварталов здесь сократилось с шести до четырех, и этот числовой показатель достаточно точно описывает укрупнение планировочной структуры также всей остальной «исторической» части Саранска.

Одним из отнюдь не самоочевидных следствий укрупнения планировочной структуры столицы Мордовии явилось внесение значительных корректив в визуальное восприятие отдельных капитальных зданий. Так, например, четырехэтажный 10-й корпус университета, некогда выходивший своим главным фасадом на Демократическую улицу, теперь, когда этой улицы на данном отрезке не существует, обращен главным фасадом во двор университетского квартала.

Впрочем, подобного рода курьезы и упущения выглядят совершенно безобидными по сравнению с куда более серьезными ошибками, допущенными в процессе укрупнения планировочной структуры Саранска. В 1956 г. на территории *Спортивного квартала* был возведен стадион «Спартак», позднее получивший имя «Светотехника». При этом для устройства игрового поля и возведения трибун у частных домовладений, располагавшихся на месте теперешнего спортивного квартала, была урезана основная часть их приусадебных участков с огородами (рис. 2, верхнее фото).

Устройство стадиона доставило хозяевам прилежащих домов и иные проблемы. В 1960-х гг. в зимнее время года в выходные дни на стадионе при переполненных трибунах проводились популярные в то время в Саранске мотогонки на льду. Продолжающиеся часами оглушающий шум моторов, рев и свист толпы нарушали комфорт проживания в соседних домах. Стоит также упомянуть, что в то время трибуны стадиона, как и окружающая их малоэтажная индивидуальная застройка, были деревянными, а потому относительно легко преодолимыми для юных безбилетников, стремившихся посмотреть мотогонки зимой или футбольные матчи летом. Для этого надо было перелезть через забор частного домовладения и отвесную внешнюю стену деревянных трибун (рис. 2, верхнее фото)! В итоге общий психологический настрой жителей прилегавших к стадиону домов был

напряженным. В 1965 г. началась замена восточных деревянных трибун кирпичными, и хозяевам пошедшей под снос застройки предоставили в порядке компенсации квартиры в 5-этажных домах на территории саранских микрорайонов. Жителей домов, прилегавших к западной трибуне, переселили только в 1970-х гг. Сам же стадион «Светотехника» просуществовал до 2010 г.



Рис. 2. Вверху – панорама северной части Спортивного квартала, 1963 г. Вид с юго-западной стороны. Внизу – панорама мега-ансамбля четырех тематических кварталов, 2017 г. Вид с юго-восточной стороны

Ныне южную часть *Спортивного квартала* занимает эффектно обустроенная *Площадь Тысячелетия*. И, как показывает нижнее фото на рис. 2, данная площадь практически соединила *Спортивный квартал* с *Библиотечным*. С одной стороны, это сделало использовавшееся нами выше название — мега-ансамбль *четырёх* тематических кварталов — не совсем корректным. Но в то же время численная характеристика укрупнения планировочной структуры Саранска для этого участка города стала еще более впечатляющей, составив 1/2:

шесть кварталов в 1939 г. и всего три квартала в конце 2010-х гг. Продолжающаяся масштабная реконструкция столицы Мордовии дает основания предполагать, что именно этот числовой показатель станет доминирующим и для всей остальной исторической части города.

Заключение

Небезынтересно отметить, что в российских городах реновация отдельных кварталов исторического центра шла несколько разным путем. Так, «в историческом центре Нижнего Новгорода были выявлены следующие этапы этого процесса:

- 1950-е гг. — внимание к крупным планировочным узлам города Горького — формирование городского каркаса;
- конец 1970-х — 1980-е гг. — внимание к реновации кварталов в историческом центре, первое обращение к контекстуализму — формирование и уплотнение городской ткани;
- с 2000-х гг. — внимание к организации общественных пространств, в этой связи — образование новых узлов на городской плазме;
- с 2015 г. — настоящее время — формирование на их основе новых потенциальных пространственных каркасов и историко-культурных ареалов» [6].

Обращаясь к наиболее показательным решениям городских пространств, отдельных архитектурных объектов и средовых художественных произведений в ракурсе формирования сегодняшнего мировоззрения человека, в первую очередь, жителя города, пользователя ресурсов современной среды и медиа, носителя городской культуры, выходим на ключевые проблемы взаимодействия архитектуры с природой и человеком [7, 8, 9, 10].

В заключение необходимо отметить, что эволюция планировочной структуры любого города идет при постоянном взаимодействии трех составляющих — Истории, Природы и Общества [2, 11, 12, 13, 14] и проявляется в соответствии со спецификой каждого поселения. В Саранске это проявляется в укрупнении планировочной структуры кварталов; в формировании мегаансамблей по функциональному признаку — университетский, спортивный, библиотечный кварталы и квартал искусств; повышенном внимании к организации общественных пространств и системы благоустройства.

Библиографический список

1. Гутнов А. Э., Лежава И. Г. Будущее города. Творческая трибуна архитектора. М.: Стройиздат, 1977. 126 с.
2. Гельфонд А. Л. Архитектура общественных пространств. М.: ИНФРА-М, 2019. 412 с.
3. Carmona M., Heath T., Taner O., Tiesdell S. Public Places Urban Spaces: A Guide to Urban Design. L.: Architectural Press, 2003. 412 p.
4. Carr S, Francis M., Rivlin L. G., Stone A. M. Public Space. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 372 p/

5. *Francis M.* Convivial Public Spaces: Creating Effective Public Spaces *Henry Schaftoe Journal of Urban Design*, Volume 14, Issue 3 august 2009. — P, 404–405.
6. *Гельфонд А. Л.* Этапы реновации исторических кварталов Нижнего Новгорода // Вестник ПТО РААСН: сб. науч. тр. Вып. 23 / Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. Н. Новгород: ННГАСУ, 2020. С. 60–66.
7. *Дуцев М. В.* Архитектурно-художественная среда как актуальная история человека // Художественная культура, 2019. № 4 (31). С. 30–35.
8. *Глазычев В. Л.* Социально-экологическая интерпретация городской среды. М.: Стройиздат, 1984. 188 с.
9. *Abercrombie P.* Town and Country Planning. — L.: 1933. 256 p.
10. *Vacon E.* Design of Cities. N. Y.: 1974. 380 p.
11. *Глазычев В. Л.* Урбанистика. М.: Европа, 2008. 324 с.
12. *Иконников А. В.* и др. Эстетические ценности предметно-пространственной среды. — М.: Стройиздат, 1990. 372 с.
13. *Яргина З. Н.* Эстетика города. М.: Стройиздат, 1991. 220 с.
14. *Blumenfeld H.* Criteria for Urban Form. N. Y.: 1964. 304 p.

АККУМУЛИРОВАНИЕ ХОЛОДА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ

ACCUMULATING THE AMBIENT AIR COLD TO COOL UNDERGROUND FACILITIES IN PERMAFROST DURING SUMMER

Кузьмин Г. П., Куваев В. А.,

*Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск
e-mail: kuzmin@mpi.ysn.ru; Levchik_47@mail.ru*

Kuzmin G. P., Kuvaev V. A.,

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk

Аннотация. Обосновывается метод управления температурным режимом подземных сооружений в криолитозоне с использованием криогенных ресурсов. Описывается методика выбора оптимальной глубины заложения подземных сооружений, охлаждаемых в теплый период года холодом, аккумулированным в зимнее время. Приводятся результаты эксплуатации охлаждающих систем криохранилища семян растений.

Abstract. A method to control the temperature regime in underground facilities in permafrost using cryogenic resources is presented. An optimum depth selection procedure is described for underground facilities which utilize the accumulated winter cold for summer cooling. The performance of cooling systems used in the Yakutsk seed repository is discussed.

Ключевые слова. Температура, многолетнемерзлый грунт, подземное сооружение, охлаждение, глубина.

Keywords. Temperature, permafrost, underground facility, cooling, depth.

Введение

Освоение подземного пространства области распространения многолетнемерзлых грунтов, занимающей около 65 % территории России, является актуальной проблемой инженерного мерзлотоведения [1]. К важнейшей задаче подземного строительства в криолитозоне относится охлаждение вмещающих мерзлых грунтов для повышения устойчивости и обеспечения необходимого температурного режима различных сооружений [2].

В России широко используется метод хладозарядки наружным воздухом подземных горных выработок и сооружений. При этом методе аккумулируется недостаточное количество холода для поддержания относительно низких температур в мерзлых грунтах вокруг сооружений в теплое время года. Для охлаждения подземных сооружений в летнее время разработан способ [4], основанный на закономерностях распространения температурных

волн в полупространстве [5]. При периодических колебаниях температуры на поверхности в многолетнемерзлых грунтах устанавливаются также колебания температуры с тем же периодом с затухающей по глубине амплитудой, со сдвигом фаз и глубиной проникновения в грунт, зависящей от периода колебаний температуры на поверхности.

Обоснование летнего охлаждения подземных сооружений

Аккумуляция холода для регулирования температуры подземных сооружений в летнее время производится путем охлаждения верхней поверхности многолетнемерзлых грунтов над сооружением. При этом глубина расположения подземных сооружений от уровня расположения охлаждающих каналов определяется зависимостью сдвига фаз температурных колебаний [5]

$$\delta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{CT}{\pi\lambda}} z \quad (1)$$

где C и λ — объемная теплоемкость и коэффициент теплопроводности мерзлых грунтов кровли сооружения; T — период колебания температуры на верхней поверхности многолетнемерзлых грунтов (8760 ч); z — расстояние от верхней поверхности многолетнемерзлых грунтов до уровня расположения сооружения.

Для расчета z по формуле (1) величина задается равной продолжительности кондуктивного распространения периодических колебаний температуры в грунте, определяемой зависимостью

$$\delta = T - \tau_{\text{д}} \quad (2)$$

где $\tau_{\text{д}}$ — продолжительность положительных температур наружного воздуха.

Тогда оптимальная глубина заложения подземных сооружений с учетом (1) и (2) определится выражением

$$H = h + z = h + 2(T - \tau_{\text{д}}) \sqrt{\frac{\pi\lambda}{CT}} \quad (3)$$

где h — глубина заложения охлаждающих каналов в основании слоя сезонного оттаивания.

В теплое время года температура подземных сооружений в допустимых пределах поддерживается аккумулярованным холодом в массиве мерзлых грунтов над подземным сооружением. Для этого в основании слоя сезонного оттаивания укладывают систему охлаждающих каналов, по которым в холодное время циркулирует холодный воздух.

Устройство и работа охлаждающих систем подземного хранилища семян растений

В настоящее время развивается строительство криохранилищ семян растений, длительная сохранность которых обеспечивается при относительно низких отрицательных температурах, создаваемых искусственными источниками тепла или с частичным использованием криогенных ресурсов [3].

Система управления температурным режимом подземных сооружений в криолитозоне состоит из двух воздушных охлаждающих установок конвективного действия. Одна из них предназначена для охлаждения мерзлых грунтов вокруг подземных сооружений, вторая — для аккумулялирования холода, используемого для охлаждения подземных сооружений в летнее время.

Зимнее охлаждение мерзлых грунтов вокруг подземных сооружений осуществляется путем подачи холодного воздуха непосредственно в сооружения или в охлаждающие каналы, расположенные за крепью. Схема подачи холодного воздуха зависит от наличия или отсутствия ограничения по величине максимально низкой температуры в сооружении.

Разработанный способ более 9-ти лет успешно используется для управления температурным режимом Федерального криохранилища семян растений на 100 тысяч образцов в г. Якутске [6]. Криохранилище состоит из основной и боковых камер, расположенных в толще многолетнемерзлых грунтов на глубине 11 м и соединенных с поверхностью земли двумя вертикальными стволами (рис. 1). Температура многолетнемерзлых грунтов в основании слоя годовых теплооборотов составляет $-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Длительная сохранность семян обеспечивается при температуре не выше $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

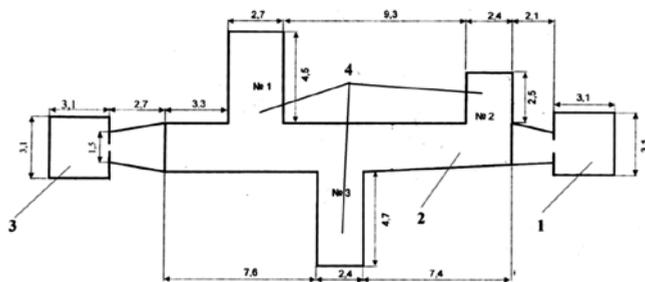


Рис. 1. Схема криохранилища

1 – основной ствол; 2 – основная камера; 3 – грузовой ствол; 4 – боковые камеры

Для выполнения этого требования криохранилище оборудовано системой воздушных охлаждающих установок конвективного действия (ВОУ) (рис. 2). ВОУ состоит из горизонтальных охлаждающих каналов и вертикальных каналов для нисходящего и восходящего потоков воздуха. ВОУ-1 предназначена для охлаждения мерзлых грунтов вокруг основной камеры. Охлаждающие каналы прямоугольного поперечного сечения с размерами сторон 300×400 мм расположены за деревянной крепью основной камеры и соединены с вертикальными каналами. Верхний конец канала для нисходящего потока воздуха располагается несколько выше максимальной толщины снежного покрова, а для восходящего потока — на высоте 5 м от поверхности земли.

Охлаждающие каналы ВОУ-2 выполнены из стальных труб диаметром 219 мм в количестве 11 штук, уложенных параллельно с шагом 1,5 м в основании слоя сезонного оттаивания на глубине 1,5 м. Трубы соединены через коллекторы с вертикальными каналами, устройство которых идентично устройству вертикальных каналов ВОУ-1.

Результаты эксплуатации криохранилища

В процессе эксплуатации криохранилища проводились наблюдения за температурой наружного воздуха, внутри основной камеры и вмещающих мерзлых грунтов.

Оптимальная глубина размещения криохранилища, рассчитанная по формуле (3) при $T = 8760 \text{ ч}$, $h = 1,5 \text{ м}$, $\rho = 3796 \text{ кг/м}^3$, $C = 2727 \text{ кДж/(К}\cdot\text{м}^3)$, $\lambda = 2,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, составила 11,9 м. Фактическая глубина расположения криохранилища, устроенного в бывшей подземной лаборатории Института мерзлотоведения равна 11,0 м.

На рис. 3 представлены графики температуры наружного воздуха и криохранилища в 2019–2020 гг.

В этот период эксплуатации криохранилища температура наружного воздуха изменялась от -45°C до $+24^{\circ}\text{C}$, а температура в камере криохранилища от -21°C до -5°C кратковременно. Эти результаты показали принципиальную возможность управления температурным режимом подземных сооружений в криолитозоне в пределах определенного интервала температур без затрат «товарной» энергии.

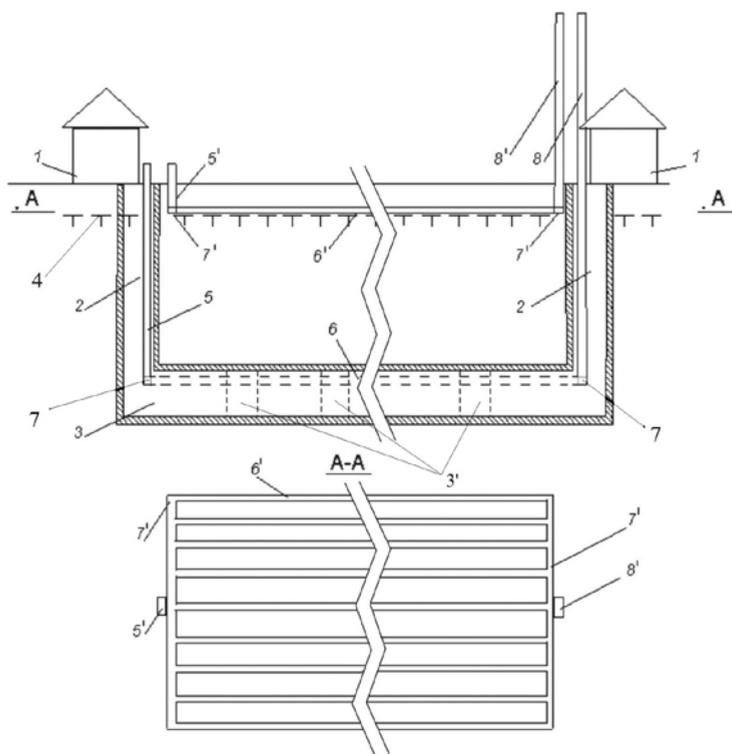


Рис. 2. Схема воздушных охлаждающих установок криохранилища
 1 – наружные помещения; 2 – основной ствол; 3 – основная камера; 3' – боковые камеры; 4 – граница слоя сезонного оттаивания; 5 и 5' каналы для нисходящего потока ВОУ-1 и ВОУ-2; 6 и 6' охлаждающие каналы ВОУ-1 и ВОУ-2; 7 и 7' коллекторы; 8 и 8' каналы для восходящего потока ВОУ-1 и ВОУ-2.

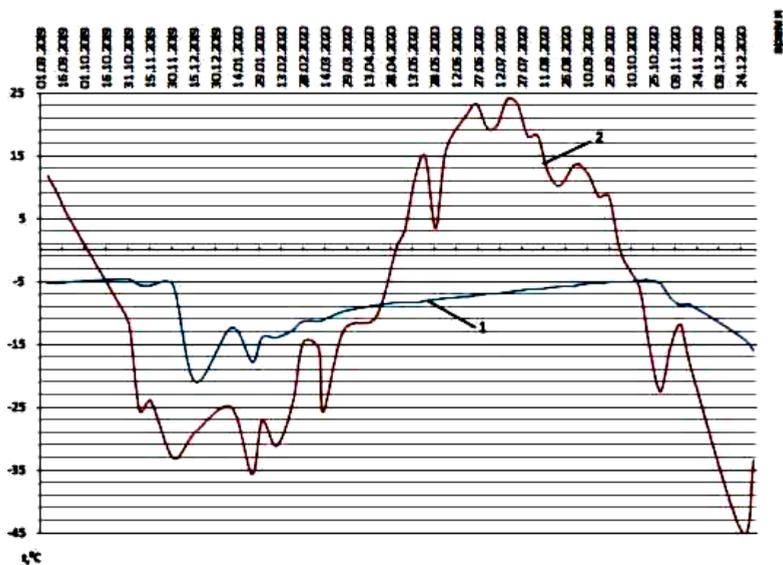


Рис. 3. Графики температуры основной камеры (1) и наружного воздуха (2) за один цикл (2019–2020 гг)

Заключение

Разработан перспективный способ управления температурным режимом подземных сооружений, построенных в толще многолетнемерзлых грунтов, основанный на использовании криогенных ресурсов. Аккумулирование холода атмосферного воздуха в массиве мерзлых грунтов кровли сооружения позволяет охлаждать его в теплое время года.

Применение способа в Федеральном хранилище семян растений для поддержания в определенном интервале отрицательных температур показало очень высокую надежность охлаждающих систем. Отсутствие затрат на функционирование и обслуживание оборудования обеспечивает высокую экономическую эффективность способа.

Список литературы

1. Кузьмин Г. П. Подземное пространство криолитозоны (проблемы и перспективы использования) // Наука и техника в Якутии. 2008. № 1 (14). С. 15–19.
2. Кузьмин Г. П. Подземные сооружения в криолитозоне. Новосибирск. Наука, 2002. 176
3. Кершенгольц Б. М., Жимулев И. Ф., Гончаров Н. П., Чжан Р. В., Филиппова Г. В., Шейн А. А., Прокопьев И. А. Сохранение генофонда растений в условиях многолетней мерзлоты: состояние, преимущества, перспективы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 3. С. 675–682.
4. Патент № 2621912 Российская Федерация, МПК «Способ охлаждения подземных сооружений в массиве многолетнемерзлых горных пород и устройство для его осуществления». Авторы Кузьмин Г. П., Панин В. Н., заявитель и патен-

тообладатель Учреждение РАН — Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН (RU). Оpubл.08.06.2017 г.

5. Общее мерзлотоведение (геокриология). Под ред. проф. В. А. Кудрявцева. М.: МГУ, 1978. 463 с.
6. *Куваев В. А., Кузьмин Г. П.* Подземное криохранилище семян растений на вечной мерзлоте. Журнал «Геология, география и глобальная энергия». 4 (71). 2018 С. 150–155.

ИМПУЛЬСНЫЙ ВАРИАТОР НА СОСТАВНЫХ ПРУЖИНАХ

PULSE VARIATOR ON COMPOUND SPRINGS

Бабаева А. Х.

*ТТУ им. акад. М. С. Осими, член-корр МИА, член-корр. И А Таджикистан
E- mail: adliya69@mail.ru*

Babaeva A. H.,

*TTU named after academician M. S. Osimi, corres-member of the IEA,
corres-member of the EA of Tajikistan*

Аннотация: В статье рассматриваются исследования муфты свободного хода импульсного вариатора на составных пружинах. При работе импульсного вариатора происходит износ или поломка пружины. Для увеличения жесткости винтовых пружин и воспринимаемой нагрузки, предложено применение составной пружины. На основании исследований увеличения жесткости витых пружин и способность воспринимать, ею больших нагрузок можно, достигнуть путем применения составных пружин.

Abstract: The article examines the research of freewheel clutch of the pulse variator on composite springs. In operation, the pulse of the variator occurs wear or breakage of the spring.

To increase the stiffness of coil springs and the perceived load, the use of a composite spring has proposed. Based on studies, increasing the stiffness of coil springs and the ability to perceive by it large loads, can be achieved by using compound springs.

Ключевые слова: муфта свободного хода, составная пружина, упорный элемент, износ, поломка, жесткость, импульсный вариатор, крутящий момент, установка

Keywords: freewheel clutch, compound spring, thrust element, wear, breaking, rigidity, pulse variator, torque, installation

В технике нашли широкое применение изменения кинематических и динамических свойств механизмов передачи путём применения импульсных вариаторов с муфтами свободного хода, которые позволяют бесступенчатое регулирование передаточных отношений в этих механизмах. Поэтому представляет большой интерес изучения различных конструкции импульсных вариаторов, с целью поиска оптимальных конструкции, таковых вариаторов.

В данной работе приведены результаты исследования муфты свободного хода импульсного вариатора типа «ИВА» на составных пружинах. В хлопковой промышленности в качестве регулятора питания широко применяют импульсные вариаторы типа «ИВА», от их надежной и равномерной работы зависит равномерность подачи продукта, производительность машин и каче-

ство выпускаемой продукции (хлопка, линта, семян и т.д.). Эксплуатационные наблюдения показали, что стабильность передаточного числа вариатора постепенно снижается. До настоящего времени причину остановки вала муфты относили к износу кольца ее внутренней обоймы, пластин коромысел и звездочки, поверхности роликов и эксцентриков практически не изнашиваются. Исследования показали, что основной причиной преждевременного выхода вариатора из строя, является потеря жесткости на роликах пружинами муфты свободного хода, так как степень их сжатия не регулируется, поэтому при поломке в приводе целиком заменяют вариатор, либо муфту свободного хода.

В технике применение нашли винтовые пружины сжатия и растяжения. Эти пружины не обладают сравнительно большой жесткостью и не могут воспринимать большую нагрузку. Поэтому при работе импульсного вариатора происходит износ или поломка пружины. Для увеличения жесткости винтовых пружин и воспринимаемой нагрузки, предложено применение составной пружины. На основании наших исследований увеличения жесткости витых пружин и способность воспринимать, ею больших нагрузок можно, достигнуть путем наложения пружин друг на друга, называемые составными пружинами (рис. 1).

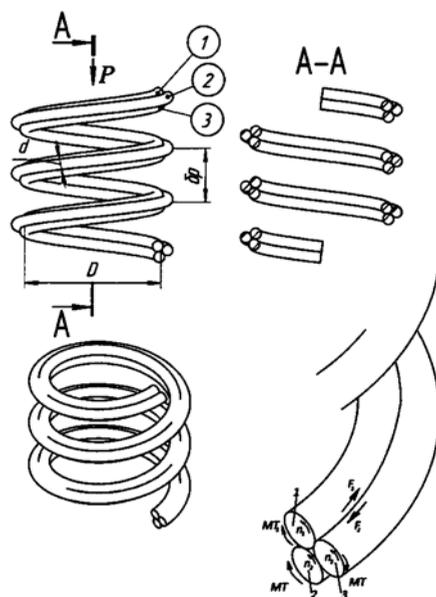


Рис. 1. Составная пружина

О применении составных пружин в роликах муфты свободного хода импульсного вариатора на примере в приводах хлопкоочистительных машин почти отсутствуют рекомендации практического значения и соответствующие теоретические разработки дифференциального и интегрального исчисления.

Эффективность работы импульсного вариатора с применением в муфтах свободного хода с упорным элементом на составных пружинах проверялась на специально разработанном стенде методом осциллографированием и со-

временными способами измерения. Эти исследования имеют большое значение для развития в хлопковой промышленности. Актуальность этих исследований заключается в повышении надежности и долговечности частей импульсного вариатора и производительности технологичности машин.

В результате анализа работ [1–3] можно заключить, что эти исследования не рассматривали весь привод вариатора в комплексе с хлопкоочистительной машиной с учетом технологических требований. В работах [4–8] проведены весьма обширные исследования, направленные на усовершенствование импульсных вариаторов. В них исследуются вариаторы типа «ИВА» и предложенные автором конструкции.

В этих исследованиях отмечаются недостатки вариатора, одним из которых является износ пружин в упорных элементах. Однако полностью не выявлены причины износа. Из этого можно заключить, что до сих пор не проводились законченные комплексные исследования импульсных вариаторов. В результате не определена конструкция импульсного вариатора, отвечающая современным требованиям оптимальной конструкции и равномерного питания в приводе хлопкоочистительных машин. В настоящей работе приведены исследование кинематики и динамики импульсного вариатора типа «ИВА» с тем, чтобы предложить и исследовать работы муфт свободного хода с упорным элементом на составных пружинах в приводах машин.

Величина осевых перемещений пружин определяется известной зависимостью:

$$\lambda = \frac{8P \cdot D^3 \cdot i}{G \cdot d^4} \quad (1)$$

Отсюда, для пружин с одиночным прутком жесткость определяется по выражению:

$$G = \frac{8P \cdot D^3 \cdot i}{\lambda \cdot d^4} \quad (2)$$

где, P – осевая упругая сила.

Зазор между витками пружин δ_p при максимальной рабочей нагрузке $P_{\text{нон}}$ выбирается по известной формуле, но не должен быть меньше $0,1 \cdot d$:

$$\delta_p = (0,1 \div 0,2) \frac{\lambda}{i} \quad (3)$$

Изложенные выше, приемлемы для пружин с одним прутком -слоями. Для пружин со многими слоями — прутка, составных пружин, то есть для нашего предлагаемого случая, выражение 2 должна иметь возможность учета количества слоев составных пружин и поправочного коэффициента K , который учитывает явления трения между прутками составных пружин и определяется экспериментально. Причем коэффициент K зависит главным образом

от количества прутков и их контактных линий, и характера и материала. С учетом сказанного для составных витых пружин жесткость определяется по новым выражениям следующим образом:

$$G_c = n_c \cdot G + n_c \cdot G \cdot K = n_c G(1 + K) \quad (4)$$

где: G_c – жесткость составных пружин; n_c – число прутков составной пружины; G – жесткость одного прутка пружины; K – коэффициент учитывающий жесткости составных пружин за счет явления трения между прутком.

С учетом выражения (2) выражение (4) примет вид:

$$G_c = \frac{8P \cdot D^3 \cdot i \cdot n_c (1 + K)}{\lambda \cdot d^4} \quad (5)$$

где: G_c – модуль упругости (жесткость) составных пружин; P – осевая сила; λ – осевое перемещение пружин под действием осевой силы; D – диаметр составных пружин; i – число рабочих витков пружин; n_c – число прутков составных пружин; K – коэффициент жесткости составных пружин за счет явления трения между прутками пружин; d – диаметр проволоки (прутка) пружины;

Анализ зависимости (5) позволяет сделать вывод о целесообразности применения составных под роликовых пружин. Из формулы (5) видно, что жесткость составных пружин прямо пропорциональна также и к числу прутков и коэффициенту K , учитывающее явление трения между прутками.

Опыты подтвердили правильность теоретических предложений. Повышение упругости в пружине увеличивает контактные усилия роликов с внутренней обоймой коромысел и приводит к резкому возрастанию частоты вращения вала муфты при одинаковых тормозных моментах. Причины отказов работы импульсного вариатора типа «ИВА» являются износ узлов и деталей. Поэтому главное внимание при их эксплуатации следует обратить на смазки трущихся деталей, их регулировки и соединение разъемных частей.

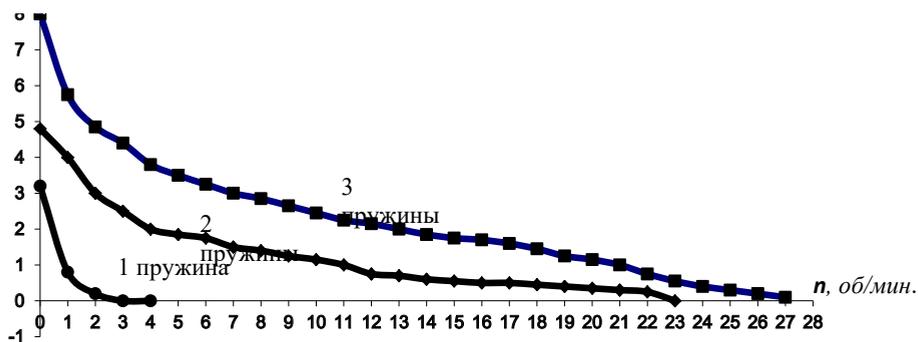


Рис. 2. Зависимость крутящего момента муфты свободного хода от числа оборотов при количестве пружин у упорного элемента

Опыты проводились на специальном лабораторном установке, где был определен оптимальный вариант работы муфты свободного хода на составных пружинах. Полученными после экспериментального исследования данными построили диаграмму зависимости крутящего момента от числа оборотов. На рис. 1 показано изменение крутящего момента в зависимости от числа оборотов в трех вариантах, т.е. в зависимости от количества пружин у упорного элемента муфты свободного хода импульсного вариатора. В данном случае с уменьшением числа оборота величина крутящего момента увеличивается.

Таким образом, по трём вариантам испытания приходим к заключению, что рационально использовать составную пружину у упорного элемента муфты свободного хода импульсного вариатора, т.е. с увеличением пружин, увеличивается крутящий момент, что способствует улучшению качества работы вариатора. На протяжении эксперимента удалось установить несколько закономерностей, а также заменить ослабевшую пружину составной пружиной, дающие экономические выгоды для промышленности.

Результаты испытаний позволяют сделать выводы, что самым рациональным вариантом оказались, если иметь составную пружину в количестве трех пружин в упорном элементе муфты свободного хода, то получаем увеличение момента на ведомом валу вариатора.

Таким образом, применение составных пружин в муфтах свободного хода улучшают кинематические и динамические свойства импульсных вариаторов и как следствие эти механизмы становятся экономически выгодными.

Литература

1. *Андреев Г. И.* Исследование и разработка новых механизмов и машин для хлопковой промышленности. Дисс. на соискание ученой степени канд.техн. наук.ТГИ, 1964
2. *Мальцев Б. Ф.* Механические импульсные вариаторы. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. М., Машиностроение, 1978
3. *Lootan J.* Schaltwerkgetriebe Konstruktion, 1974, 26, № 11, p.430–436
4. *Бабаева А. Х.* Исследование импульсного вариатора с учетом характеристики составных пружин. Доклады Академии наук Республики Таджикистан, том XLVIII, №9–10, Душанбе, 2005. — с.105–109
5. *Бабаева А. Х.* Исследование отказов узлов и деталей ИВА в сопоставлении основного технологического оборудование. Журнал «Естественные и технические науки» ISSN1684–2625. Издательство «Компания Спутник+». — Москва, 2007. — с.271–272
6. *Бабаева А. Х., Джуматаев М. С.* К определению усилий в муфте свободного хода. Журнал «Известия» КГТУ им. И.Раззакова, 26/2012, г.Бишкек.,с.104–106
7. *Бабаева А. Х., Джуматаев М. С.* Экспериментальные исследования импульсного вариатора на составных пружинах. Журнал «Машиноведение». Сборник научных трудов, выпуск 8, — Бишкек, 2012. — с.139–143
8. *Бабаева А. Х.* Кинематические и динамические свойства импульсных вариаторов типа «ИВА». Научные труды инженерной академии Республики Таджикистан, 2019.

ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОДЗЕМНОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

ENGINEERING PROBLEMS OF THE UNDERGROUND URBAN CONSTRUCTION OF THE CURRENT STAGE

Куликова Е. Ю.,

*Российская инженерная академия,
ГБАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС», Москва
fragrante@mail.ru*

Kulikova E. Yu.,

*National University of Science and Technology
(NUST "MISIS"), Moscow*

Аннотация. В предлагаемой статье рассмотрены основные аспекты подземного градостроительства и факторы, которые осложняют ведение горно-строительных работ в мегаполисах. Представлены основные причины и статистика аварий на ряде объектов подземного строительства, затронуты проблемы влияния высотного строительства на геологическую среду города.

Abstract. The article deals with the main aspects of underground urban construction and the factors that complicate the conduct of mining and construction work in megacities. The main causes and statistics of accidents at a number of underground construction sites are presented, and the problems of the impact of high-rise construction on the geological environment of the city are touched upon.

Ключевые слова: подземное строительство, риск, природно-техническая геосистема, ущерб, авария, освоение подземного пространства, мегаполис, мониторинг.

Keywords: underground construction, risk, natural and technical geosystem, damage, accident, underground space development, megapolis, monitoring.

Строительный комплекс России включает в себя развитую сеть подземных объектов различного назначения. В настоящий момент мировая строительная практика переживает бум подземного градостроительства. Однако существует огромное количество факторов, которые существенно осложняют этот вид деятельности, привнося риск возникновения аварий и увеличивая количество финансовых средств на покрытие ущерба.

Как правило такое строительство ведется на небольших глубинах, в обводненных неустойчивых грунтах, вблизи действующих подземных коммуникаций, под транспортными магистралями, водоемами. Наличие назем-

ной городской застройки, зачастую представляющей историко-культурную ценность, существенно осложняет строительные процессы. Усиливается тенденция усложнения горно-геологических условий, обуславливающих необходимость использования специальных способов строительства и поддержания сооружений в рабочем состоянии, что вызывает к дополнительным финансовым вложениям.

Значительная доля таких вложений приходится на противофильтрационные мероприятия, усиление конструкций подземных сооружений, обеспечение надежной гидроизоляции. Нередко вопрос надежности с точки зрения применяемых материалов и конструкций тоже вносит диссонанс в эксплуатацию подземного сооружения в течение заданного срока службы. Так, отказ обделок канализационных коллекторов Москвы составляет порядка 5% вследствие агрессивного воздействия внешней и внутритоннельной среды и других условий эксплуатации [1]. В регионах ветхость канализационных сетей оценивается уже в 40% от общего количества. Как следствие — образуются провалы земной поверхности, в грунтовый массив и подземные воды попадают промышленные и хозяйственно-бытовые стоки, такие как нефтепродукты, взвешенные вещества, фосфор, фенол, СПАВ, соединения меди, соединения железа, соединения цинка и др. Очистные сооружения не справляются, способствуя ухудшению эпидемиологической обстановки и создавая опасность для здоровья людей [2, 3].

При взаимодействии подземных сооружений с основной вмещающей средой — породным массивом — формируется природно-техническая геосистема. «подземное сооружение — породный массив», реагирующая на изменения в каждом из элементов. При этом могут возникнуть условия, при которых определенное сочетание природных и техногенных факторов приведут к аварии в подземном сооружении.

В соответствии с определенным классификационным признаком аварии делятся на группы:

По степени наносимых убытков и размерам разрушений все аварии подразделяются на:

- ✓ крупные, охватывающие все подземное сооружение и приводящее к прекращению его функционирования на длительное время. Крупные аварии, как правило, сопряжены с травматизмом и гибелью людей;
- ✓ местные, влекущие за собой разрушение подземного сооружения на ограниченном участке, последствия которого могут быть быстро ликвидированы.

По виду производимых работ аварии делятся на:

- ✓ происходящие при строительстве подземных сооружений;
- ✓ возникающие в процессе эксплуатации подземных объектов.

Аварии в строящихся и эксплуатируемых подземных сооружениях во многом аналогичны, но обладают и особенностями, характерными для

вида производства работ. Аварии в строящихся подземных сооружениях происходят внезапно и неожиданно, в эксплуатируемых подземных объектах они являются следствием длительных процессов разрушения и деформирования конструкций (за исключением таких видов аварий как пожары и взрывы).

Наиболее характерные и часто происходящие аварии при строительстве подземных сооружений и на этапе их эксплуатации отражены в табл. 1.

Таблица 1

Характерные аварии в подземных сооружениях

Наиболее характерные и часто встречающиеся аварии		Место происшествия аварии	
строительство сооружений эксплуатация сооружений		строительство сооружений	эксплуатация сооружений
Обрушение породы в забое; разрушение и чрезмерные деформации крепи; затопление выработок водой и пльвунном; загазованность и задымленность воздуха; пожары, загорания, взрывы; внезапная поломка горно-строительного оборудования (щиты, тоннелепроходческие машины, буровые агрегаты и т.п.). столкновение или сход с рельсов вагонеток и электровозов; повреждение временных инженерных коммуникаций (водопровод, электрокабели, трубопроводы сжатого воздуха) и оборудования (компрессоры, вентиляторы, насосы)	Обрушение породы; деформирование обделки; загазованность воздуха; пожары, взрывы; оледенение конструкций и проезжей части; разрушение порталов и предпортальных выемок; разрушение внутренних конструкций	Призабойная зона; отдельные участки готового подземного сооружения	Любое место от въездного до выездного портала

Приведем статистику аварий, связанных с геотехническим и человеческим фактором по метрополитену ряда городов РФ и зарубежных стран. Данные представлены в табл. 2.

**Статистика аварий на метрополитенах ряда городов РФ
и других стран мира по причине геотехнического риска**

Дата	Краткая характеристика	Число погибших/ раненых, чел.
<i>Метрополитен Москвы</i>		
20.10.1974	Взрыв при проведении технических сварочных работ	—
15.04.1979	Сход поезда с рельсов	—
12.06.1981	Пожар в вагонах	7/1
17.02.1982	Неисправности эскалатора	8/30
51.12.1984	Затопление пути	—
30.04.1987 17.01.1994	Пожар в вагонах	—
30.03–31.03.1994	Столкновение и сход поездов с рельсов	–/4
1996	Вагон пробил стену депо	—
15.11.2003	Повреждение конструкций в результате прорыва пльвуна	—
29.11.2004	Столкновение метropоездов	—
25.03.2005	Неисправность энергосистем, в результате чего 20 тыс. человек оказались заблокированными в вагонах метropоездов	—
19.03.2006	Повреждение конструкций тоннеля и пожар в метropоезде в результате того, что при ведении наземных строительных работ забивная свая пробила сводовую часть тоннеля	–/9
25.07.2008	Сход метropоезда с рельсов. Из тоннеля эвакуировано 800 человек	—
08.07.2008	Повреждение конструкций тоннеля и пожар в метropоезде в результате того, что при ведении наземных строительных работ забивная свая пробила сводовую часть тоннеля	—
04.06.2010	На участке открытого перегона в результате урагана оказалось дерево	—
26.10.2011	Пожар в тоннеле	—
15.04.2012	Неисправность эскалатора	–/10
05.05.2013	Пожар в тоннеле. Эвакуировано 300 человек	–/3
05.06.2013	Пожар в тоннеле. Из тоннеля выведено 5 тыс. человек	–/80
11.06.2013	Сбой электроснабжения участка. 900 человек оказались заблокированы в метropоезде в течение часа	= /14
20.09–04.12.2013	Несколько случаев задымления на разных участках станции	—

Дата	Краткая характеристика	Число погибших/ раненых, чел.
21.01.2014	Повреждение конструкций тоннеля на Замоскворецкой линии в результате свая устанавливаемого на земной поверхности рекламного щита пробила сводовую часть тоннеля	—
15.07.2014	В тоннеле между станциями «Парк Победы» и «Славянский бульвар» производился монтаж новой стрелки для перевода поездов с одного пути на другой. Причина аварии — сход поезда с рельсов на скорости 70 км/ч и удар его о стену.	24/255
07.03.2016	Пожар в вестибюле станции. Отказ оборудования	—
08.07.2016	Пожар в административном помещении станции	—
22.12.2016	Взрыв баллона газа в вестибюле станции	—/4
<i>Метрополитен Санкт-Петербурга</i>		
04.12.1995	Затопление большого участка тоннеля в результате прорыва пловуна. Возобновить движение метропоездов удалось лишь к 2004 г.	—
10.06.1999	Обрушение бетонного козырька у входа на станцию	—/7
20.08.2010	Нарушение в работе энергоснабжения метрополитена	—
<i>Метрополитен Нижнего Новгорода</i>		
Июнь 2013	Обрушение облицовочной мраморной плитки в вестибюле станции	—/3
<i>Метрополитен Новосибирска</i>		
11.04.2016	Поломка вагона привела к сбою графика	—
<i>Метрополитен Екатеринбурга</i>		
15.11.2016	Авария на линии электропередач, парализовавшая город. Давка в метрополитене	—
<i>Метрополитен Казани</i>		
9.02.2015	Перепад напряжения на линии метро, в результате которого аварийной системой было остановлено движение поездов на несколько минут	—
<i>Метротрам Волгограда</i>		
19.04.2013	Обрыв контактной сети в подземной части линии Метротрама, за 50 м до станции	—
<i>Зарубежные метрополитены</i>		
<i>Метрополитен Баку</i>		
28.10.1995	Во время движения загорелся состав. Воспламенился тяговый двигатель одного из вагонов. Машинист принял решение остановить поезд в узком тоннеле, который быстро наполнился едким дымом. Многие пассажиры задохнулись от дыма, другие — получили удар током от соприкосновения с кабелями при попытке обойти состав.	289/270

Дата	Краткая характеристика	Число погибших/ раненых, чел.
<i>Метрополитен Парижа</i>		
10.08.1903	Одна из первых крупных аварий в метро. В одном из вагонов специалисты обнаружили техническую неисправность. Отцепив его от основного состава, ремонтная бригада хотела через соседний тоннель перевезти вагон в депо, однако в пути он загорелся. Дым, заполонивший туннель, помешал машинисту другого состава заметить стоящий на путях вагон. Произошло столкновение, добраться до места аварии спасателям удалось лишь спустя десять часов.	100/
<i>Метрополитен Лондона</i>		
1973	На скорости около 65 км/час поезд, не останавливаясь на станции, промчался и врезался в тупик.	45/
<i>Метрополитен Валенсии</i>		
Лето 2006	Потерпел крушение поезд, состоявший из четырех вагонов. При входе в поворот машинист состава превысил разрешенную скорость и одно из колес первого вагона, не выдержав нагрузки сломалось. В результате аварии состав перевернулся.	41/70
<i>Метрополитен Вашингтона</i>		
22.06.2009	Трагедия случилась в самый «час пик», в 17.00, между станциями Takoma и Fort Totten. Один из поездов остановился на перегоне, дожидаясь, когда от платформы отойдет другой состав. В стоящий поезд врезался состав, движущийся следом. Эксперты федеральной комиссии пришли к выводу, что трагедия произошла из-за неисправности компонента системы безопасности, установленного в тоннеле метрополитена. При этом специалисты отметили, что машинист движущегося поезда нажимал на стоп-кран на расстоянии около 100 метров перед стоящим впереди составом, однако по техническим причинам автоматический датчик не дал сработать аварийному торможению.	9/76

Примечание: в таблице не указаны данные по терактам, так как они не являются предметом геотехнических рисков

Таким образом, аварии в подземных сооружениях обусловлены комплексом причин, совокупность которых и определяет характер и степень опасности аварийной ситуации [8, 14].

По причинам возникновения:

Несмотря на то, что аварии в строящихся и эксплуатируемых подземных сооружениях проявляются по-разному, основные причины их возникновения одни и те же и подразделяются на следующие [4].

1. Ошибки, вызванные недостаточной квалификацией или небрежностью в работе изыскателей, проектировщиков, архитекторов, строителей, эксплуатационников:

- ✓ ошибки при изысканиях проистекают в основном из-за неполного объема разведочных работ и геотехнических исследований, и неадекватной оценки геотехнической ситуации;
- ✓ ошибки при проектировании связаны с принятием неудачных конструктивных и технологических решений, несоответствием расчетных схем несущих конструкций подземных сооружений действительным, нарушением нормативных требований;
- ✓ ошибки при эксплуатации заключаются в недостаточном и несвоевременном проведении обследований дефектов строительных конструкций, ремонта и реконструкции выработок подземного объекта, в нарушении режимов вентиляции, освещения, водоотлива, правил безопасной эксплуатации.

2. Нарушения режимов, норм и параметров, установленных нормативной документацией.

3. Несвоевременное проведение осмотров, ремонтов.

4. Конструктивные недостатки и недостаточная надежность оборудования, несоответствие оборудования и материалов требованиям ГОСТ.

5. В ряде случаев причинами аварий в подземных сооружениях могут служить стремление к максимальной экономии и прибыли, неоправданное повышение скорости строительства, агрессивность окружающей среды, недостаточная согласованность между строителями, проектировщиками, эксплуатационниками [8].

6. Недопустимые нагрузки на конструкции.

7. Стихийные природные явления (землетрясения, лавины, наводнения и др.).

Всем авариям предшествует формирование рискованной ситуации. Важнейшим из видов рисков, влекущих аварийную ситуацию, является геологический риск.

Следует упомянуть еще один важный фактор. Современный этап характеризуется широкомасштабным развитием высотного строительства. В результате его развития в больших городах, неизбежно возникают значительные нагрузки на обделки эксплуатируемых подземных сооружений, находящихся в зоне строительства. Обеспечение безопасности при их строительстве и эксплуатации требует постоянного контроля состояния (мониторинга) объекта.

Современное высотное здание — это сооружение с четкой конструктивной схемой: внушительным ядром жесткости, мощными периферическими колоннами, которые соединены с ядром массивными фермами-аутригерами. Специфику высотным зданиям придают только местные грунтовые условия. Так, силуэт Манхэттена, например, является отражением инженерно-геоло-

гических условий: там, где близко от поверхности скала — стоят небоскребы, а где она выполаживается — малоэтажная застройка и парки.

Проектирование высотных зданий в грунтовых условиях таких крупных городов, как Москва, Санкт-Петербург и др., где скальные грунты находятся на глубине более двухсот метров, возможно только на основе совместных расчетов системы «высотное здание — его подземный объем — глубокие опоры — основание». При этом подземное пространство используется для увеличения площади опирания и уменьшения давления. Учитывая, что высотное здание является очень сложным инженерным сооружением, необходимо контролировать техническое состояние и функционирование разнообразных компонентов — инженерных сетей, конструкций в целом и их отдельных узлов, поведения грунтового массива и пр. Все эти элементы взаимосвязаны и составляют единую систему мониторинга здания, объединяющую набор отдельных технических решений. Важными вопросами создания системы являются проблемы подбора оборудования и методик, их объединения для мониторинга состояний конструкций надземной и подземной частей высотного здания и грунтов основания.

При освоении подземного пространства на урбанизированных территориях возникает ряд сложных инженерных проблем, таких как [5, 6]:

- ✓ необходимость устройства сложных систем вентиляции, гидроизоляции, освещения, канализации, специальной сигнализации;
- ✓ применение более сложного оборудования и техники для строительства и эксплуатации подземного объекта;
- ✓ применение инновационных и более дорогостоящих технологий строительства подземных сооружений;
- ✓ обеспечение безопасности производства подземных работ;
- ✓ утилизация разрабатываемых грунтов.

Среди геоэкологических проблем, связанных с освоением подземного пространства, главнейшими являются:

- ✓ нарушение напряженного состояния массива горных пород;
- ✓ образование мульд проседания;
- ✓ возрастание геостатического давления;
- ✓ выход газов из порового пространства породного массива за счет изменения системы тепломассопереноса;
- ✓ повышение обводненности породного массива;
- ✓ активизация геодинамических процессов и явлений.

Поэтому подземное и в особенности глубинное строительство требует детального инженерно-геотехнологического и геоэкологического обоснования, проведения комплексного мониторинга на участках предполагаемого строительства.

Таким образом, среди факторов, осложняющих освоение подземного пространства в крупных городах мира и в Москве, в частности, в настоящее время можно выделить:

- ✓ сложность инженерно-геологических условий многих участков строительства (наличие мощного слоя техногенных грунтов, закарстованных грунтов, высокая активность подземных вод и обводненность участков подземного строительства и т.д.);
- ✓ значительные техногенные нагрузки на инженерно-геологическую среду города, которые, провоцируя негативные быстропротекающие геологические процессы, ухудшают условия строительства и эксплуатации подземных объектов;
- ✓ наличие плотной городской застройки и необходимость ведения работ по подземному строительству в стесненных условиях, где в зону влияния попадают, кроме строящегося и многие другие объекты;
- ✓ проблемы организационно-технического характера, связанные с недостаточной готовностью строительного комплекса к ведению в этих условиях значительных объемов массовых работ по строительству достаточно крупных и сложных подземных объектов.

Вышеперечисленные факторы, действуя в невыгодном сочетании, предъявляют специальные требования к проектированию и строительству подземных объектов в Москве. Для обеспечения надежной работы подземного сооружения в течение всего срока эксплуатации проектировщики вынуждены прогнозировать возможные изменения инженерно-геологической обстановки.

Список использованной литературы:

1. *Борисовский М. А., Желтов П. М.* Прогноз состояния и управление качеством окружающей среды. Рига: МИПКСНХ, 1983. 108 с.
2. *Буянов В. П., Кирсанов К. А., Михайлова Л. М.* Рискология (управление рисками). Уч. пособ. для вузов. 2-е изд. испр. и доп. М.: Изд-во «Экзамен», 2003. 384 с.
3. *Быков А. А., Соленова Л. Г., Земляная Г. М., Фурман В. Д.* Методические рекомендации по анализу и управлению риском воздействия на здоровье населения вредных факторов окружающей среды. М., 1999. 70 с.
4. *Власов С. Н., Маковский Л. В., Меркин В. Е.* Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов. М.: ТИМР, 1997. 180с.
5. *Куликова Е. Ю.* Подземная геоэкология мегаполисов. М.: Издательство МГГУ, 2005. 480 с.
6. Москва: геология и город / Под ред. В. И. Осипова, О. П. Медведева. М.: ФО «Московские учебники и картолитография», 1997. 400 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ В АРКТИКЕ

Алексеев А. Г.

*Российская инженерная академия,
Руководитель центра геокриологических и геотехнических исследований
АО НИЦ Строительство, к.т.н.*

Значительная территория России расположена в Арктической зоне. В Арктике частично расположены девять субъектов России: Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ (АО), Республика Коми, Ямало-Ненецкий АО, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Чукотский А. О. Грунтовые условия Арктической зоны характеризуются наличием многолетнемерзлых грунтов (ММГ), свойства которых отличаются от талых температурным режимом: ММГ имеют отрицательную температуру и содержат в своем составе лед. Данные факторы существенно усложняют строительство и эксплуатацию сооружений на мерзлых грунтах и значительно увеличивают риски возникновения аварийных ситуаций, количество которых значительно выше, чем в европейской части РФ.

В результате анализа технического обследования зданий и сооружений в девяти регионах арктических территорий [1] выявлены основные причины возникновения аварийных ситуаций, а именно:

1. Некачественное выполнение инженерно-геологических изысканий;
2. Ошибки в проектировании зданий и сооружений;
3. Нарушение норм в процессе строительства сооружений;
4. Неграмотная эксплуатация зданий и сооружений;
5. Отсутствие актуальной нормативной базы;
6. Изменение климата [2–3];
7. Отсутствие системы геотехнического мониторинга.

Основными направлениями обеспечения безопасной эксплуатации сооружений в криолитозоне [4–6] является разработка:

1. Нормативных документов;
2. Методов учета изменения климата при проектировании;
3. Современных эффективных и экономичных конструкций фундаментов;
4. Устройство систем геотехнического мониторинга.

В настоящее время сотрудниками АО НИЦ Строительство разработаны новые и актуализированы существующие нормативные документы, которые позволят существенно снизить риски возникновения аварийных ситуаций в результате проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

В 2020 году пересмотрены имеющиеся нормативные документы в области фундаментирования в многолетнемерзлых грунтах и разработаны новые, в том числе:

1. СП 25.13330 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Правила проектирования» (Пересмотр);
2. СП «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила эксплуатации» — Новый документ;
3. СП «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Требования к инженерной подготовке территории» — Новый документ;
4. СП «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила производства работ» — Новый документ.

Существенное влияние на несущую способность многолетнемерзлых грунтов основания в последнее время оказывает изменение климата или как сейчас модно говорить — «Глобальное потепление» [7–8]. Анализ замеров температуры воздуха по климатическим станциям показал характерное повышение среднегодовых температур за период с 1936 по 2016 год (рис. 1).

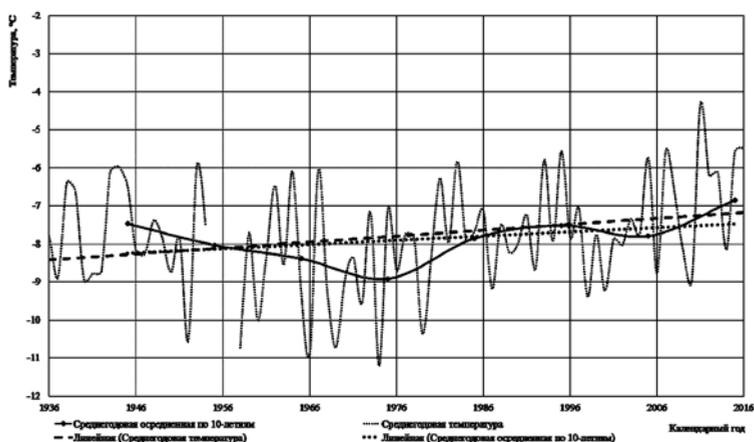


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха города Игарка с 1936 по 2016 год (данные замеров метеостанции)

В АО НИЦ Строительство проводились расчеты оценки изменений климатических параметров и их влияния на свойства грунтов оснований [9]. В качестве модели изменения климата принята модель CMIP5 — будущих изменений климата на территории России с помощью ансамбля глобальных климатических моделей, принявших участие в 5-й фазе международного проекта сравнения объединенных моделей. Прогнозная карта изменения климата, полученная по данной модели приведена на сайте Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова.

Для прогнозных расчетов принят сценарий RCP 8.5 изменения климата, в котором рассматриваются середины (2041–2060 гг.) XXI века, по отношению к базовому климатическому периоду 1981–2000 гг. Тренд изменения

температуры воздуха строился по прогнозируемому изменению среднесезонных (зима, весна, лето, осень) значений. Расчеты показали повышение среднегодовых температур воздуха на 2–4 °С (рис. 2).

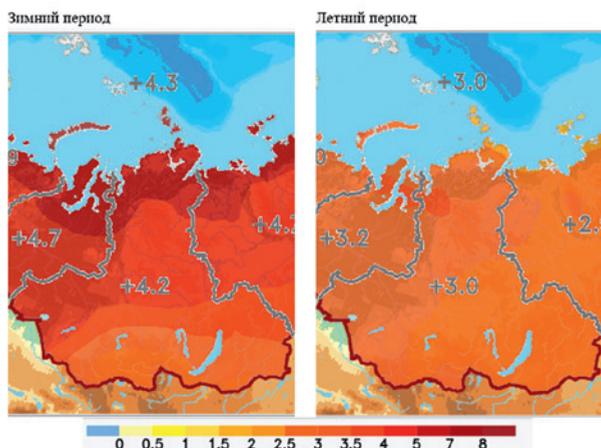


Рис. 2. Изменение среднесезонных и среднелетних температур воздуха на территории Красноярского края согласно модели CMIP5 сценария RCP 8.5 [10]

Обеспечение сохранности отрицательных температур мерзлых грунтов осуществляется с помощью охлаждающих устройств. К классическим можно отнести:

- Проветриваемое подполье;
- Неотапливаемые первые этажи зданий;
- Сезонно-охлаждаемые устройства — термостабилизаторы;
- Охлаждаемые трубы и каналы в теплоизолированной подсыпке;
- Вентилируемые фундаменты.

В настоящее время разрабатывается ряд инновационных охлаждающих устройств:

- Вентилируемое подполье, ограждаемое регулируемыми в автоматическом режиме жалюзийными решетками (рис. 3);
- Вентилируемые фундаментные блоки (рис. 4).

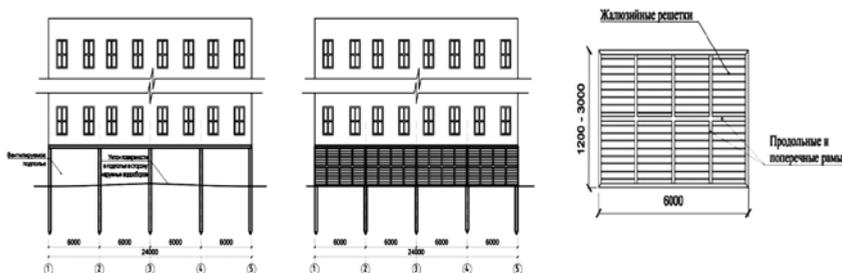


Рис. 3. Принципиальная схема вентилируемого подполья, ограждаемого автоматически регулируемыми жалюзийными решетками

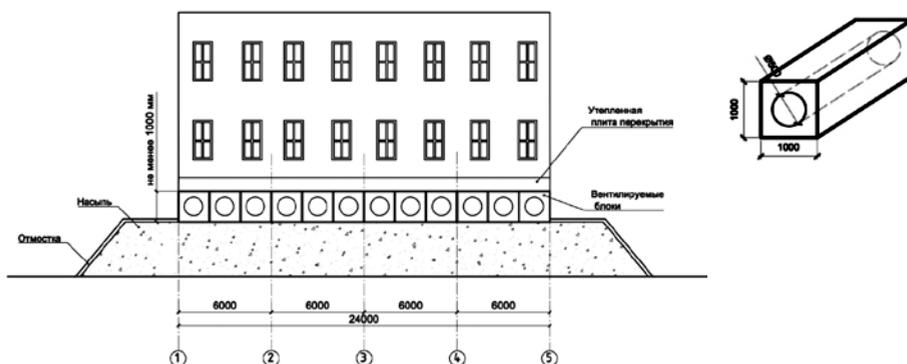


Рис. 4. Принципиальная схема вентилируемых фундаментных блоков

Устойчивость зданий и сооружений в криолитозоне в первую очередь обеспечивается грамотным проектированием и устройством фундаментов [11–13]. В рамках научно-исследовательских работ в АО НИЦ Строительство усовершенствуются хорошо зарекомендовавшие себя свайные фундаменты из буроопускных свай, а также разрабатываются перспективные фундаменты на многолетнемерзлых грунтах:

1. Винтовые сваи (рис. 5а);
2. Бурунабивные сваи;
3. Использование заполнения буроопускных свай из сыпучих материалов;
4. Использование композитов в качестве ствола буроопускных свай (рис. 5б);
5. Сваи, выполненные с помощью струйной цементация грунтов (Jet Grouting).



а)



б)

Рис. 5. Общий вид: винтовых свай (а) и компазитных свай (б)

Выводы

Применение инновационных технологий устройства свайных фундаментов в арктической зоне, таких как: буроопускные сваи из полимерных композиционных материалов, бурунабивные и винтовые сваи, разработка

Сводов правил производства работ, инженерной подготовки и эксплуатации, разработка систем геотехнического мониторинга, учет изменения климата позволит существенным образом сократить сроки строительства, а также стоимость работ по устройству фундаментов. Повысится несущая способность оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых в Арктической зоне, а также их долговечность.

Литература

1. Оценка технического состояния ответственных зданий и сооружений городов Красноярского края (таймырский мр, Норильск, Игарка) с разработкой рекомендаций по их дальнейшей надежной эксплуатации. *Колыбин И. В., Алексеев А. Г., Чанаев А. А., Анисимов С. Ю., Зорин Д. В., Сазонов П. М.* Отчет о НИР (Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве»).
2. Влияние изменяющегося климата на техническое состояние зданий и сооружений арктического региона России на примере городского округа Воркута. *Алексеев А. Г., Рабинович М. В.* Вестник НИЦ Строительство. 2019. № 4 (23). С. 35–43.
3. Исследование влияния температурного режима многолетних мерзлых грунтов на несущую способность бурозабивных свай. *Гарданов И. У.* Научно-практические исследования. 2020. № 12–5 (35). С. 15–20.
4. Прогнозирование долгосрочной динамики криогенных процессов на нефтегазовых месторождениях в арктических регионах. *Ваганова Н. А., Филимонов М. Ю.* В сборнике: Актуальные проблемы математики, механики, информатики. Материалы конференции Молодых учёных. 2018. С. 102–110.
5. Оценка геокриологических рисков трассы линейной части подземного трубопровода, проложенного в многолетнемерзлых грунтах. *Капитонова Т. А., Стручкова Г. П., Левин А. И.* Проблемы анализа риска. 2019. Т. 16. № 4. С. 24–31.
6. Риски чрезвычайных ситуаций в арктической зоне российской федерации *Молчанов В. П., Акимов В. А., Соколов Ю. И.* Москва, 2011.
7. Изменения температуры многолетнемерзлых пород западного сектора российской Арктики в связи с изменениями климата. *Дроздов Д. С., Васильев А. А., Малкова Г. В., Москаленко Н. Г., Орехов П. Т., Украинцева Н. Г.* В сборнике: Полярная криосфера и воды суши. Вклад России в Международный полярный год 2007/08. Санкт-Петербург, 2011. С. 153–170.
8. Об изменении температуры воздуха и атмосферных осадков на территории России под влиянием изменений климата. *Постников А. Н., Хаустов В. А.* Евразийское Научное Объединение. 2019. № 1–7 (47). С. 420–424.
9. Прогнозирование температурного состояния мерзлых грунтов в связи с изменением климата. *Алексеев А. Г., Зорин Д. В.* Вестник НИЦ Строительство. 2019. № 4 (23). С. 44–49.
10. Прогноз изменения температуры грунтов на территории Красноярского края (Таймырский мр, Норильск, Игарка). *Колыбин И. В., Алексеев А. Г., Зорин Д. В., Юраскина Т. А., Виноградова С. А., Сазонов П. М.* Отчет о НИР (Федеральное

автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве»)

11. Трубобетонные сваи из полимерных композиционных материалов сооружений на многолетнемерзлых грунтах. *Шишкин В. Я., Конусевич В. И., Михалдыкин Е. С., Вячеслав В. К., Алексеев А. Г., Зорин Д. В.* В сборнике: Современные технологии проектирования и строительства фундаментов на многолетнемерзлых грунтах. Сборник докладов международной научно-технической конференции. 2016. С. 24–26.
12. Особенности работы винтовых свай в мерзлых грунтах. *Аксенов В. И., Геворкян С. Г., Иоспа А. В., Кривов Д. Н., Шмелев И. В., Спиридонов С. И.* Основания, фундаменты и механика грунтов. 2014. № 4. С. 25–30.
13. Исследование свойств бетона буронабивных свай и миграции солей из бетона в вечномёрзлый грунт. *Винокуров А. Т., Матвеева О. И., Фёдорова Г. Д.* В сборнике: Бетон и железобетон — взгляд в будущее. Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 томах. 2014. С. 261–270.

ЭНЕРГИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ду-Джонг Ли,

*Кафедра химической инженерии, Национальный университет Тайваня,
Тайбэй, Тайвань*

Джо-Шу Чанг

*Кафедра химического машиностроения, Национальный университет
Ченг Кунг, Тайнань, Тайвань*

Аннотация. Выращивание микроводорослей из сточных вод, богатых питательными веществами, с целью устранения загрязнения и использование полученной биомассы микроводорослей в качестве сырья для производства возобновляемой энергии привлекло внимание исследователей. Благодаря высокой скорости роста микроводорослей платформа сточных вод с микроводорослями может рассматриваться как эффективный путь для коммерческого производства энергии микроводорослями. Эта платформа считается перспективной для использования в странах, которые приобретают интенсивную очистку сточных вод и увеличивают долю биоэнергетики.

Ключевые слова: микроводоросли; биоэнергетика; топливо; маршруты

Введение

Мировое производство и импорт энергии в 2018 году составили 19 269 Мтнэ, при этом основными источниками энергии были нефть, уголь и газ. В России общее потребление энергии на душу населения в 2019 году составило 5,3 тнэ, при этом уровень потребления электроэнергии снизился в течение 1990–1998 годов и вернулся к примерно 6,4 МВтч на душу населения в 2019 году. Основным источником энергии для России был газ (54 %), нефть (20 %), уголь (16 %), атомная энергия (7 %), гидроэнергетика (2 %) и биоэнергетика (1 %). В целом, источники энергии для России в основном основаны на ископаемом топливе (> 90 %), в то время как источники энергии из возобновляемых источников были ниже 3 %. Ресурсы биомассы в России огромны, при этом наибольший вклад вносят остатки сельскохозяйственных культур, бытовые отходы, лесные остатки. Тем не менее, биоэнергетический потенциал, используемый в России, относительно невелик. Охват очистными сооружениями в России нуждается в продвижении и модернизации объекта. В этой статье кратко излагается эффективный способ извлечения энергии из сточных вод с использованием платформы микроводорослей, один из конечных продуктов которых является потенциальными источниками биоэнергии, доступными для использования обществом.

Производство энергии из микроводорослей

Платформа Microalgae (микроводоросли) — многообещающий канал для реализации производства биоэнергии из отходов. Микроводоросли являются быстрорастущими видами из-за высокой эффективности фото-

синтеза, связанной с фиксацией CO_2 . Относительно высокая продуктивность клеток вместе с высокими темпами накопления внутриклеточных липидов и накопления углеводов сделали биомассу микроводорослей предпочтительным биоресурсом для производства энергии. Стоимость крупномасштабного производства, предварительной и последующей обработки системы сбора микроводорослей обычно выше, чем стоимость ископаемого топлива, и наоборот, если питательные вещества сточных вод, такие как N и P , могут быть удалены клетками микроводорослей, затраты биогенных веществ и очистки сточных вод может значительно снизиться. Платформа сточных вод микроводорослей для производства энергии представляет определенный интерес. На Рис. 1 схематично показана схема с акцентом на производство трех видов биотоплива: биодизель, ферментативное жидкое топливо и газообразное топливо. Удаление загрязняющих веществ является преимуществом использования данного процесса при очистке сточных вод, что может соответствовать Национальному проекту «Экология» (2019–2024 гг.). При надлежащем проектировании и эксплуатации на практике ожидается избыток энергии для такого маршрута преобразования отходов в энергию.



Рис. 1. Платформа сточных вод на основе микроводорослей для производства биоэнергии.

Микроводоросли могут расти в различных типах сточных вод, в зависимости от физиологии применяемых видов. В аспекте производства биотоплива обычно приветствуется биомасса, обогащенная липидами и углеводами, которая может быть легко переработана после сбора, поскольку в клетках обычно отсутствует лигнин во внутриклеточных веществах. Одним из основных препятствий процесса является этап сбора, который требует больших затрат энергии (20–30 % операционных затрат) для извлечения клеток уменьшенного размера из разбавленной суспензии. Центрифугирование, фильтрация и флокуляция, флотация и седиментация — это общепринятые процессы сбора урожая. Для клеток с высоким содержанием влаги собранные клетки нуждаются в немедленной обработке, поскольку порча может произойти в течение нескольких часов.

Использование палетизации — это недавно предложенный способ сбора клеток микроводорослей с использованием гранулированных нитчатых грибов для уплотнения клеток в гранулы.

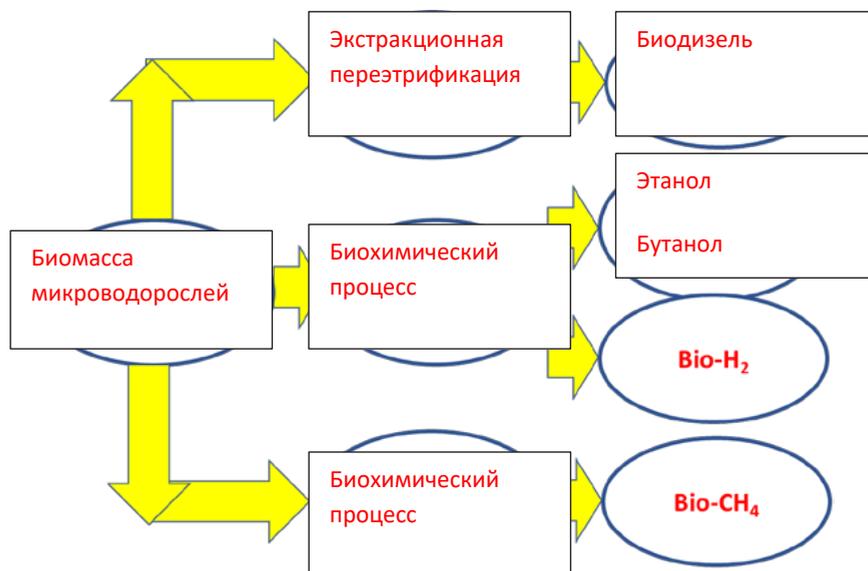


Рис. 2. Маршруты производства энергии из микроводорослей

Следующим этапом является извлечение активных веществ из тела клетки. Высвобождение продуцируемых клеточных соединений из клеток микроводорослей необходимо, поскольку биологические или химические реакции могут осуществляться только в окружающей среде без ограничения клеток. Процессы липидной экстракции включают физическую экстракцию, экстракцию растворителем и сверхкритическую жидкостную экстракцию. Процесс добычи должен быть быстрым, специфичным, с низкими потерями и минимальным воздействием на окружающую среду.

В ходе одного из последующих преобразований, реакции переэтерификации, могут образовываться метиловые эфиры жирных кислот (FAME), при этом неочищенное масло микроводорослей превращается в низкомолекулярное нетоксичное биоразлагаемое биотопливо. Переэтерификацию можно разделить на превращение липидов в глицериды и, наконец, в FAME и глицерин. Применяются катализаторы, в том числе щелочные и кислотные, причем последние используются в коммерческих целях. В этом процессе следует избегать омыления, чтобы снизить выход биотоплива. Альтернативным катализатором являются твердые катализаторы для предотвращения образования воды и омыления. Прямая переэтерификация — это комбинированный одностадийный процесс экстракции и переэтерификации, позволяющий снизить производственные затраты.

Другой путь преобразования — это ферментация для производства ферментативного топлива, например этанола и бутанола из углеводов микроводорослей. Этанол — заменитель бензина в двигателях внутреннего сгорания. Бутанол имеет преимущества: высокое энергосодержание, высокий процент смешивания с бензином, низкое давление паров. Микроводоросли имеют низкое содержание лигнина, поэтому их можно сбраживать с образованием спиртов. Содержание углеводов в микроводорослях может достигать 60 % при азотном голодании, поэтому это перспективное сырье для производства этанола. Превращение углеводов микроводорослей в биоэтанол начинается с предварительной обработки клеточной массы, которая извлекает целлюлозу из биомассы для стадии осахаривания. Возможные предварительные обработки включают измельчение, обработку щелочью / кислотой, микроволновую печь, ультразвук и паровой взрыв. Предварительная обработка, как правило, является дорогостоящей, в то время как в некоторых процессах могут образовываться токсичные вещества, препятствующие дальнейшей ферментации. Процессы одновременного осахаривания и ферментации (SFF) были разработаны для облегчения работы и контроля процесса. Ферментативное осахаривание углеводов микроводорослей или целлюлолиз дает единицы глюкозы для ферментации. Ферментативное осахаривание происходит медленно, но требует пониженного энергопотребления и генерирует минимальное количество ингибиторов. По сравнению с биоэтанолом производство бутанола из углеводов микроводорослей находится на стадии младенческого развития. Ферментация АВЕ обычно применяется для производства биобутанола, в то время как снижение рН при ферментации представляет собой одно из основных ограничений для его коммерческого производства.

Биоводород и биометан представляют собой газообразные ферментативные топлива из углеводов микроводорослей. Прямое производство биогидрогена микроводорослями, как правило, происходит невысоко. Альтернативный путь — темное брожение для производства биоводорода из углеводов микроводорослей. Путь темного брожения является частью анаэробного процесса пищеварения, в то время как ингибирование образования метана может привести к накоплению водорода. Через путь ферментации АВЕ спирты и биоводород могут генерироваться одновременно. Однако коммерческое производство биогидрогена до сих пор не практикуется, поскольку степень превращения низкая, а чистота невысока. Комбинированный производственный процесс темновой ферментации и фотоферментации является многообещающим способом максимизировать степень использования субстрата для получения биогидрогена. Еще одно потенциальное расширение — объединение темного брожения и метаногенного процесса для получения биометана. Биометан — это конечное газообразное топливо, получаемое путем анаэробного сбраживания, которое в настоящее время является наиболее распространенным возобновляемым источником энергии, широко

применяемым в европейских странах. Биомасса микроводорослей имеет низкое соотношение C / N , поэтому совместное переваривание с другими субстратами с высоким соотношением C / N обычно является вариантом для максимального увеличения выхода биометана. Вплоть до настоящего времени биометан также является единственной биоэнергетикой, которая имеет шанс компенсировать собственные эксплуатационные расходы за счет продажи на рынке.

Для выращивания микроводорослей в промышленных масштабах требуется огромное количество воды, которая может конкурировать с источниками питьевой воды, если необходимо выращивать свежие микроводоросли. Кроме того, питательные вещества, необходимые для выращивания микроводорослей, включая азот и фосфаты, будут дорогими и потребляют много углерода, если потребуется внешняя дозировка удобрений. Сильные сточные воды, включая сточные воды, фильтрат со свалок и другие сельскохозяйственные и промышленные сточные воды, являются многообещающей средой, содержащей избыток воды и питательных веществ, причем питательные вещества рассматриваются как субстраты для роста микроводорослей. Если сточные воды могут обрабатываться микроводорослями для удаления питательных веществ и производства избыточной биомассы, последняя может быть адекватным сырьем для производства биоэнергии, как описано в этом разделе. При этом может быть реализована платформа для сточных вод с микроводорослями, что считается многообещающим вариантом для решения текущих задач развития России.

MICROALGAL ENERGY: CHALLENGES AND PERSPECTIVES

Duu-Jong Lee,

*Department of Chemical Engineering, National Taiwan University,
Taipei, Taiwan*

Jo-Shu Chang

*Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University,
Tainan, Taiwan*

Abstract. To cultivate microalgae from nutrient-rich wastewater to reach pollution remediation and to utilize the produced microalgal biomass as feedstocks of renewable energy production has attracted research interest. Owing to the high growth rate of microalgae, the microalgal wastewater platform can be regarded an efficient pathway for commercial microalgal energy production. This platform is considered promising to be applied in countries that acquire intensive wastewater treatment and promote bioenergy share.

Keywords: Microalgae; bioenergy; fuels; routes

Introduction

The world energy production and imports counted 19269 Mtoe in 2018, with oil, coal and gas being the principal energy sources. In Russia, the total energy consumption per capita was 5.3 toe in 2019, with electricity consumption rate declining during 1990–1998, and were bound back to about 6.4 MWh per capita in 2019. The top energy sources for Russia were gas (54%), oil (20%), coal (16%), nuclear (7%), hydropower (2%), and bioenergy (1%). Overall, the energy sources for Russia are largely fossil based (>90%), while those by renewable sources were lower than 3%. The biomass resources in Russia are abundant in quantity, with crop residues, municipal solid waste, forest residue being the top contributors. Nonetheless, the bioenergy potential utilized in Russia is relatively low. The wastewater treatment coverage in Russia needs promoting and the facility being upgraded. This article summarizes an effective route of extracting energy in wastewater using microalgae platform, one of the end products being the potential sources for bioenergy available for society use.

Microalgal energy production

Microalgae platform is a promising channel for realizing bioenergy generation from waste. Microalgae are fast-growing species owing to the associated highly efficient photosynthetic efficiency to CO₂ fixation. The relatively high cell productivity, together with the high accumulation rates of intracellular lipids and carbohydrates accumulation, has made the microalgal biomass a preferred bioresource for energy production. The cost for large-scale production, pre- and post-treatments of microalgal harvesting system is commonly higher than that applicable for fossil fuels, conversely, the nutrients of wastewater such as N and P can be removed

by the microalgae cells, the expense of nutrients and that of wastewater treatment can be largely reduced. The microalgae wastewater platform for energy production is a research topic of interest. Figure 1 reveals schematically the scheme with the emphasis on the production of three kinds of biofuels, biodiesel, fermentative liquid fuels, and gaseous fuels. The pollutant removal is the bonus of using the said process in wastewater treatment that can be complying with the National Project “Ecology” (2019–2024). Under proper design and operation, an energy surplus is expected for such a waste-to-energy route in practice.

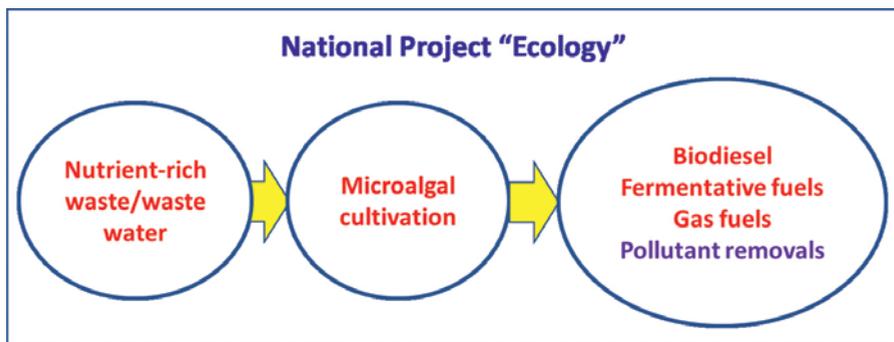


Figure 1. Microalgal-based wastewater platform for bioenergy production

Microalgae can grow in different types of wastewaters, depending on the physiology of the species applied. In the aspect of biofuel production, the biomass enriched in lipids and carbohydrates is commonly welcome that can be easily processed after collection since the cells commonly lack lignin in intracellular substances. One of the key process hurdles is the harvesting stage which acquires high energy input (20–30% of operational cost) for recovery of cells of reduced size from diluted suspension. Centrifugation, filtration and flocculation, flotation and sedimentation are the harvesting processes commonly adopted. For cells with high moisture content the harvested cells need immediate processing since spoilage may occur within a few hours. The use of palletization is a newly proposed route for microalgal cell harvesting in the use of pellet-forming filamentous fungi to compact the cells into pellets.

The next step is the extraction of active substances from the cell body. The release of the produced cellular compounds from microalgal cells is needed since the biological or chemical reactions can be performed only in the environment without the cell confinement. Lipid extraction processes include physical, solvent and supercritical fluid extraction. The extraction process should be rapid, specific, low loss, and minimum environmental impacts.

One of the subsequent conversions, the transesterification reaction, can generate fatty acid methyl esters (FAME), with the crude microalgal oil being converted into low molecular weight, non-toxic, biodegradable biofuel. Transesterification can be divided into conversion of lipids into glycerides and finally to FAME and glycerol. The applied catalysts including alkaline and acid, with the latter being used in commercial operations. In this process, the saponification should be avoided

to reduces biofuel yield. An alternative catalyst is the solid catalysts to prevent water production and saponification. Direct transesterification is a combined extraction and transesterification one-step process to reduce the production cost.

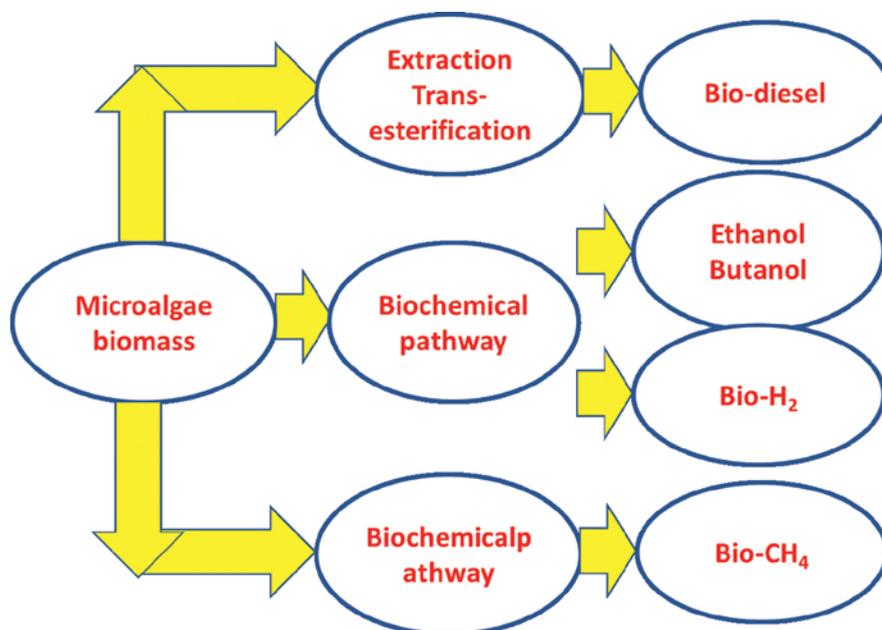


Figure 2. Microalgal energy production routes.

Another conversion route is the fermentation to produce fermentative fuels, e.g., ethanol and butanol from microalgal carbohydrates. Ethanol is a substitute for gasoline in combustion engines. Butanol has the advantages on high energy content, high blending percentage with gasoline, low vapor pressure. Microalgae have low lignin content so can be fermented to produce alcohols. The carbohydrate content of microalgae can reach 60% under nitrogen starvation, so is promising ethanol-production feedstock. Conversion of microalgal carbohydrates to bioethanol starts with pretreatment of cell mass, which extracts cellulose from biomass for saccharification stage. Feasible pretreatments include grinding, alkali/acid treatment, microwave, ultrasound and steam explosion. The pretreatment is generally expensive while some processes can generate toxic substances to inhibit further fermentation. The simultaneous saccharification and fermentation (SFF) processes were developed to ease the process operation and control. Enzymatic saccharification of microalgal carbohydrates or cellulolysis, yields glucose units for fermentation. Enzymatic saccharification is slow but acquires reduced energy demand and generates minimal quantity of inhibitors. Compared with bioethanol, the production of butanol from microalgal carbohydrates are in infant development stage. The ABE fermentation is commonly applied for biobutanol production while the pH reduction in fermentation presents one of the major constraints for its commercial production.

The biohydrogen and biomethane are gaseous fermentative fuels from microalgal carbohydrates. Direct production of biohydrogen by microalgae is generally at low rate. The alternative route is dark fermentatively to produce biohydrogen from microalgal carbohydrates. The dark fermentation pathway is part of the anaerobic digestion process while the inhibition of methane generation can lead to hydrogen accumulation. Via ABE fermentation pathway the alcohols and biohydrogen can be simultaneously generated. However, commercial production of biohydrogen are still not practiced since the conversion rate is low and the purity is not high. The combined dark and photo fermentation production route is a promising way to maximize utilization rate of substrate to biohydrogen. Another potential extension is to combine dark fermentation and methanogenic process to achieve biomethane production. Biomethane is the terminal gaseous fuel via anaerobic digestion pathway, which is the currently mostly adopted renewable energy source, widely applied in European countries. Microalgal biomass is with a low C/N ratio so the co-digestion with other substrates with high C/N ratio is commonly the option to maximize the yield of biomethane. Up to the present stage the biomethane is also the only bioenergy that has a chance to compensate its own operating costs by its market sale.

Commercial scale microalgae cultivation acquires huge quantity of water, which can compete with drinking water sources if fresh microalgae is to be cultivated. Also, the nutrients needed for microalgae cultivation including nitrogen and phosphate would be expensive and carbon-intensive if external dosage of fertilizer is needed. Strong wastewaters including sewage, landfill leachate, and other agricultural and industrial wastewater are promising media which has excess water and nutrients, with nutrients being considered as the substrates for microalgal growth. If the wastewater can be handled by microalgae to achieve nutrient removals and excess biomass production, the latter can be an adequate feedstock for bioenergy production, as described in this section. In doing so, a microalgae wastewater platform can be realized, which is assumed to be a promising option to cope with current development goals of Russia.

УЛУЧШЕНИЕ СМЯГЧЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТАЙВАНЕ

Ших-Цзянь Хван, Куо-Чун Чанг и Кех-Чюань Цай

*Национальный центр исследований в области сейсмостойкости,
Тайбэй, Тайвань.*

Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

Email: sjhwang@ntu.edu.tw, ciekuo@ntu.edu.tw, kctsai@ntu.edu.tw

Аннотация. Тайваньское землетрясение в Чи-Чи в 1999 году стало самым разрушительным за последние десятилетия, и оно также стало важным переломным моментом для развития инженерной сейсмологии на Тайване. После этого землетрясения Национальный центр исследований в области сейсмической инженерии (NCREE) вложил много ресурсов в разработку технологий предотвращения землетрясений. В этой статье представлены три примера с разными аспектами. Первый – выяснить, насколько велика сейсмическая угроза, с помощью новой процедуры вероятностного анализа сейсмической опасности (PSHA). Подробная и точная информация о сейсмической опасности является основой сейсмического проектирования и предотвращения стихийных бедствий. Во-вторых, школьные здания, поврежденные землетрясением 1999 года в Чи-Чи, подчеркнули проблему их хрупкости. Сейсмические характеристики школьных зданий были всесторонне улучшены за счет сейсмической оценки и модернизации для защиты учащихся. Наконец, усовершенствованная система раннего предупреждения о землетрясениях и система мониторинга структурной безопасности могут снизить человеческие и материальные потери при землетрясениях.

Ключевые слова: сейсмическая инженерия, сейсмическая опасность, сейсмическое переоборудование, раннее предупреждение о землетрясениях.

Введение

Национальный центр исследований в области инженерии землетрясений (NCREE) был основан в 1990 году и завершил строительство лаборатории и исследовательского корпуса в 1998 году. Основная цель заключалась в совершенствовании технологии инженерии сейсмической инженерии с помощью лаборатории симулятора землетрясений (Shaking table, et al.). Прикладные исследования в NCREE, включая проблемы сейсмостойкости, которые должны быть решены теоретически или экспериментально, были выполнены для разработки новой технологии сейсмостойкости.

В 1999 году разрушительное землетрясение магнитудой MW7,6 произошло в центре города. Землетрясение Чи-Чи 1999 г. стало самым разрушительным землетрясением на Тайване за последние десятилетия. В геологическом отношении Тайвань находится между плитами Филиппинского моря и Евразийской плитой. Ежегодно на Тайване происходят десятки тысяч землетрясений, из которых около тысячи существенно ощущаются. Каждые 10–15 лет на Тайване происходило катастрофическое землетрясение,

в результате которого погибло более 100 человек. Поэтому людям на Тайване приходится жить в условиях землетрясений. Невозможно устранить катастрофы, вызванные землетрясениями, но мы можем смягчить их за счет развития сейсмической инженерии. За последние два десятилетия массивные и высококачественные данные о сильных движениях грунта землетрясения Чи-Чи 1999 года способствовали развитию сейсмологии, сейсмологической инженерии и управления стихийными бедствиями на Тайване. Это также способствовало быстрому развитию технологий предотвращения стихийных бедствий, особенно для оценки сейсмической опасности, сейсмической модернизации зданий и раннего предупреждения о землетрясениях и др. В этой статье представлены достижения по трем направлениям смягчения последствий землетрясений на Тайване.

Вероятностный анализ сейсмической опасности

Чрезвычайно высокая сейсмическая опасность Тайваня должна быть серьезно рассмотрена при проектировании сейсмостойкости, строительных норм и правил и мер по предотвращению стихийных бедствий. Однако большинство исходных данных для подробного и точного анализа сейсмической опасности, таких как характеристики движения грунта, влияние площадки, эффект близкой к разлому, эффект длительных импульсов и т. д., были недостаточными до землетрясения Чи-Чи 1999 года. Большое количество данных о сильных движениях с высоким разрешением, записанных Тайваньской инструментальной программой сильных движений (TSMIP), сделало это землетрясение поворотным моментом. NCREE инвестировала много ресурсов и сделала большой шаг в разработке вероятностного анализа сейсмической опасности (PSHA).

С 2000 года NCREE сотрудничал с Центральным бюро погоды (CWB) для создания инженерно-геологической базы данных для TSMIP (EGDT) для оценки скорости продольных и поперечных волн и предоставления информации о геологическом описании от бурения для станций с сильным движением. К 2012 году EGDT создала около 450 площадок, которые предоставляют подробную информацию о площадках, такую как Vs30 (средняя скорость поперечной волны для верхних 30 метров), для классификации площадок, PSHA и сейсмического проектирования. Между тем, различные техники, базы данных и модели PSHA постепенно изучались и обновлялись. Основываясь на все более глубоком понимании характеристик движения грунта и сейсмической опасности, код сейсмического проектирования (рис. 1) на Тайване также несколько раз пересматривался, чтобы учесть новые сейсмические зоны, микроразнообразие бассейна Тайбэя и фактор близкого к разлому. и т. д. В 2016 году NCREE организовал проект Комитета по высокому анализу сейсмической опасности (SSHAC) уровня III для переоценки сейсмической опасности атомных электростанций на Тайване. Этот проект помог нам всесторонне улучшить процедуру PSHA с привлечением экспертов в стране и за рубежом. Теперь новая база данных EGDT включает

Vs30, Z1.0 (глубина скорости достигла 1,0 км / с) и каппа (высокочастотное затухание для FAS) примерно для 850 станций TSMIP [1] в соответствии с глобальной тенденцией в классификации площадок для PSHA и сейсмического проектирования. Недавно разработанное уравнение прогнозирования движения грунта для Тайваня было разработано на основе локальной базы данных о движении грунта, опыта американского NGA и новой регрессии для усечения [2]. Кроме того, в сотрудничестве с экспертами в области наук о Земле была построена модель характеристик сейсмических источников для всего Тайваня. PSHA может воспользоваться всеми достижениями для выявления потенциальных сейсмических угроз и выявления потенциальных опасностей и рисков на Тайване.

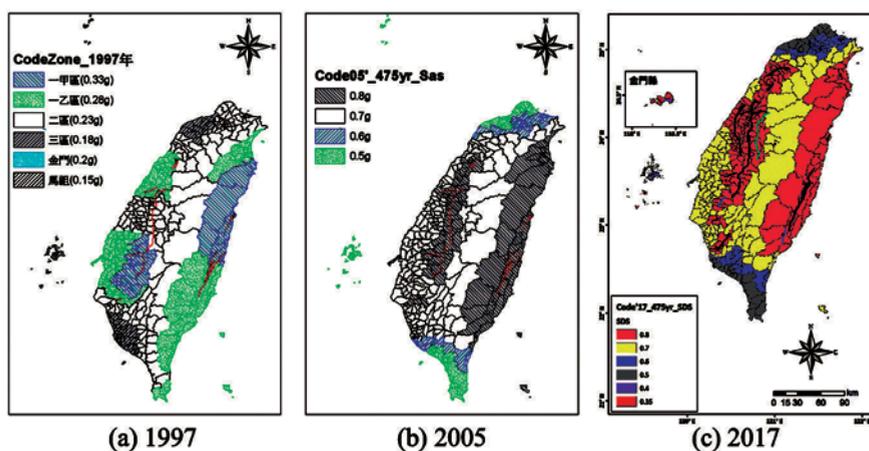


Рис. 1. Развитие норм сейсмического проектирования для зданий на Тайване.

Сейсмический переоборудование школьных зданий

Землетрясение 1999 г. в Чи-Чи продемонстрировало, что уровень безопасности школьных зданий на Тайване вызывает серьезную озабоченность. Во время этого землетрясения более половины школьных зданий в округе Наньтоу были частично или полностью разрушены. Таким образом, нет сомнений в том, что сейсмичность школьных зданий на Тайване должна вызывать серьезную озабоченность и что сейсмичность школьных зданий нуждается в срочном повышении за счет модернизации. Однако на Тайване имеется 3763 государственных начальных, младших и старших средних школ (включая профессионально-технические школы) и более 27000 школьных зданий. Такое большое количество зданий легко исчерпало бы имеющиеся средства, если бы не было экономически эффективного метода.

Согласно результатам изучения 921 поврежденного школьного здания, типичные школьные здания Тайваня были в основном повреждены из-за разрушения вертикальных конструктивных элементов на первом этаже и привели к обрушению зданий в направлении коридора. Следователь-

но, увеличение количества вертикальных конструктивных элементов или повышение прочности и пластичности существующих колонн являются эффективными методами модернизации. Традиционные методы модернизации, такие как обшивка колонны RC, стальная обшивка и добавление стенки крыла, выбираются по экономическим причинам. Эти выбранные методы модернизации были проверены в ходе школьных испытаний на месте. Рис. 2 иллюстрирует несколько традиционных методов модернизации зданий [3].

Правительство Тайваня выделило бюджет в размере около 98 миллиардов тайваньских долларов (1 долл. США ~ 30 TWD) на модернизацию с 2009 по 2022 год сейсмической устойчивости государственных зданий начальных, младших и старших классов средней школы. NCREE по поручению Министерства образования учредил Проектный офис по сейсмической модернизации школьных зданий для оказания технической и административной помощи проекту. Что касается технической помощи, NCREE предоставила методы сейсмической оценки и модернизации школьных зданий. Что касается административной помощи, проектный офис разработал рабочие спецификации, провел семинары, популяризировал хорошие примеры модернизации и создал банк данных.

В настоящее время реконструировано 6 526 школьных зданий. К концу 2022 года количество модернизированных школьных зданий может достигнуть 7852, что составляет примерно 1/3 от общего числа зданий государственных школ на Тайване. Есть надежда, что с помощью сейсмической оценки и модернизации школьных зданий широкая общественность Тайваня поймет важность сейсмической модернизации. Эту работу можно продолжить и распространить на другие существующие здания, чтобы создать более безопасную родину.

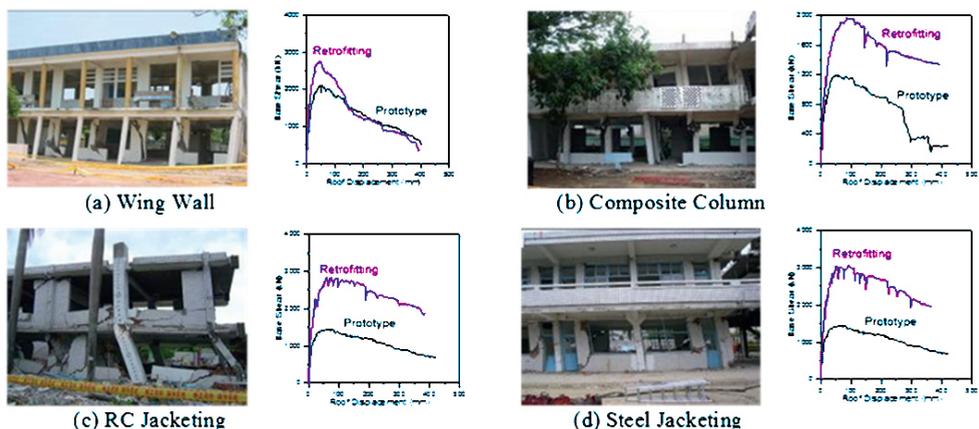


Рис. 2. Экспериментальная проверка мер по модернизации испытаниями школ на месте.

Разработка системы раннего предупреждения о землетрясениях и мониторинга конструкционной безопасности

NCREE разработала локальную систему раннего предупреждения о землетрясениях (On-site EEWs), которая может обнаруживать первую приближающуюся P-волну землетрясения и оценивать силу (Peak Ground Acceleration, PGA) следующей сильной волны за 1–3 секунды. Система EEWs на месте состоит из зондирования (сейсмические датчики), обработки (оценка PGA следующей S-волны) и действий (предупреждение людей, реле управления для уменьшения сейсмических потерь). Несколько датчиков применяются в разных местах для уменьшения ложных срабатываний. После многолетних испытаний во время землетрясения в Мей-Нонг в 2016 году один локальный EEWs в слепой зоне обычного EEWs (расстояние до эпицентра 38 км) успешно выдал предупреждение за 5,34 секунды до максимального толчка. Благодаря выдающимся характеристикам количество локальных EEWs постепенно увеличилось до 94 по всему Тайваню. А точность прогноза интенсивности (± 1 уровень) с 2016 по 2020 год составила более 98%.

В 2016 году CWB объявил о создании региональной службы EEW для населения Тайваня. С ростом применения локальной и региональной EEW, NCREE получил задание от правительства объединить региональную и локальную EEW в «гибридную EEW», создать облачный сервис (B2B) для отрасли и разработать различные приложения для автоматизации EEW с промышленностью. Конечная цель — создать индустрию уменьшения опасности сейсмических бедствий. До 2020 года более 3500 школ, 21 пожарная часть, 12 зданий, 8 полупроводниковых заводов, 2 научных парка, 2 больницы, 2 выставочных зала, один стадион и Тайваньская высокоскоростная железная дорога применяли систему раннего предупреждения о землетрясениях. Сигнал землетрясения передается на различные устройства через Интернет за 2 секунды. В этих демонстрациях люди были предупреждены, прежде чем встряхнуть, звуковым сигналом и фонариком, газовая заслонка автоматически закрывается, лифт останавливается на ближайшем этаже и эвакуируется пользователей, прожектор указывает людям положение безопасного укрытия, производственная линия мягко останавливается (для быстрого восстановления). Во время землетрясения в Хуаляне в 2019 году гибридный EEWs снова показал отличные характеристики. Через 6–14 секунд после землетрясения локальный EEW выдал предупреждение для близких к эпицентру областей, где распространялась волна землетрясения. На 14-ой секунде региональный EEW вынес предупреждение для всей страны. Он показал большое преимущество гибридной EEWs, локальная EEWs может помочь ближайшему эпицентру получить предупреждение раньше, значительно уменьшить слепую зону обычного EEW.

С разработкой приложения EEW люди также начали думать дальше, будет ли конструкция безопасна после землетрясения. С 2013 года NCREE сотрудничал с несколькими университетами Тайваня в разработке Системы

мониторинга структурной безопасности (SSMS). Современные технологии мониторинга состояния конструкций разрабатывались десятилетиями. Пришло время NCREE интегрировать датчики, систему мониторинга и оценку безопасности конструкций в SSMS. Расположение датчиков было разработано в соответствии с конструктивными особенностями, функциями и стоимостью. Система мониторинга обнаруживает землетрясение и собирает все данные, а для сравнения были применены различные методы оценки безопасности, предложенные учеными. Первая демонстрационная система была установлена в офисном здании Центрального научного парка на Тайване. С 2020 года NCREE начала сотрудничать с Центральным бюро погоды для установки SSMS для 30 зданий. Новое здание NCREE было одним из них. На рис. 3 показан рабочий процесс SSMS. Примерно через одну минуту после встряхивания SSMS предоставит быстрый отчет, в котором будут показаны все зарегистрированные датчики. Через 5–10 минут будут созданы несколько отчетов об оценке безопасности конструкции, чтобы показать уровень безопасности конструкции и возможные места повреждений. Это может значительно ускорить реакцию после землетрясения, людям не придется ждать на улице, пока эксперты проверит конструкцию, а устойчивость может быть увеличена. В то же время все данные будут открыты для академических кругов, и можно будет разработать и проверить больше методов оценки безопасности конструкций.

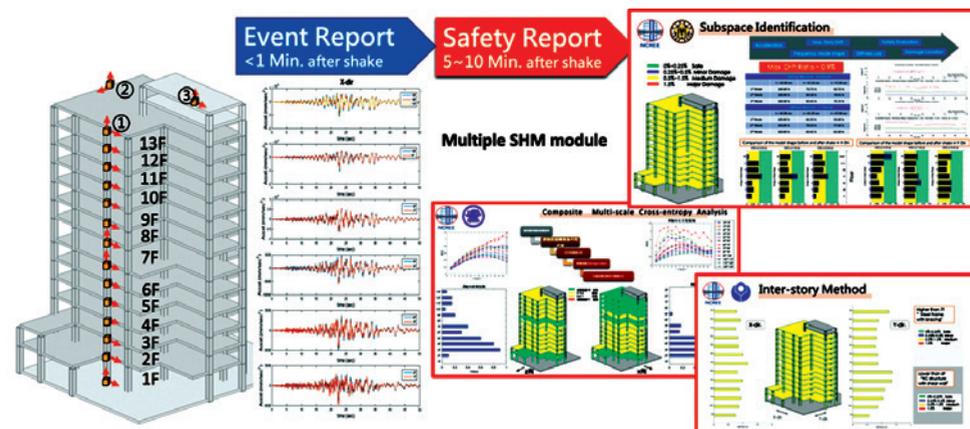


Рис. 3. Рабочий процесс системы мониторинга структурной безопасности (SSMS) в NCREE.

Выводы

Высокая сейсмичность — насущная проблема для Тайваня. Неизбежные стихийные бедствия могут быть смягчены путем разработки технологий предотвращения стихийных бедствий в сейсмической инженерии. В этой статье представлены три примера, проведенных NCREE после землетрясе-

ния Чи-Чи 1999 года. Первый — выяснить, насколько велика сейсмическая угроза с помощью новой процедуры PSHA. Затем сейсмические характеристики школьных зданий были всесторонне улучшены за счет сейсмической оценки и модернизации, чтобы защитить учеников и учителей. Наконец, были внедрены усовершенствованная система раннего предупреждения о землетрясениях и система мониторинга структурной безопасности, которые могут помочь сократить человеческие и материальные потери при сильных землетрясениях.

NCREE стремится к совершенствованию приложений сейсмологической инженерии. Проведено множество исследований по смягчению последствий землетрясений. Кроме того, новая Тайнаньская лаборатория, завершенная в 2017 году, и новое дополнение исследовательских помещений в исследовательском здании Тайбэя, завершенное в 2020 году, еще больше укрепили исследовательский ресурс NCREE. Мы продолжим продвигать сейсмическую безопасность Тайваня.

Литература

1. Kuo, C. H., Lin, C. M., Chang, S. C., Wen, K. L., and Hsieh, H. H. (2017), “Site Database for TSMIP,” NCREE Report, NCREE-17–004, Taipei, Taiwan. (In Chinese).
2. Chao, S. H., Chiou, B., Hsu, C. C., and Lin, P. S. (2020). “A horizontal ground-motion model for crustal and subduction earthquakes in Taiwan,” *Earthquake Spectra*, 36 (2), 463.
3. Chung, L. L., Yeh, Y. K., Chien, W. Y., Chai, J. F., Hsiao, F. P., Shen, W. C., Chiou, T. C., Chow, T. K., Chao, Y. F., Yang, Y. S. and Hwang, S. J. (2008), “Technology Handbook for Seismic Evaluation and Retrofit of School Buildings,” NCREE Report, NCREE-08–023, Taipei, Taiwan. (In Chinese).

ADVANCEMENT OF EARTHQUAKE MITIGATION IN TAIWAN

Shyh-Jiann Hwang, Kuo-Chun Chang and Keh-Chyuan Tsai

*National Center for Research on Earthquake Engineering,
Taipei, Taiwan*

*Department of Civil Engineering, National Taiwan University,
Taipei, Taiwan*

Email: sjhwang@ntu.edu.tw, ciekuo@ntu.edu.tw, kctsai@ntu.edu.tw

Abstract. The 1999 Chi-Chi Taiwan earthquake is the most disastrous in recent decades that was also a significant watershed moment for engineering seismology development in Taiwan. After this earthquake, the National Center for Research on Earthquake Engineering (NCREE) invested many resources to develop the technologies for earthquake disaster prevention. Three examples with different aspects are presented in this paper. The first one is to clarify how large the seismic threat is by a novel probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) procedure. The detailed and precise information about the seismic hazard is the foundation of the seismic design and disaster prevention. Secondly, the school buildings damaged by the 1999 Chi-Chi earthquake highlighted the problem of their fragility. The seismic performance of school buildings was comprehensively improved by seismic evaluation and retrofitting to protect students. Finally, the advanced earthquake early warning system and structural safety monitoring system can reduce the loss of life and property when an earthquake happens.

Keywords: earthquake engineering, seismic hazard, seismic retrofitting, earthquake early warning

Introduction

The National Center for Research on Earthquake Engineering (NCREE) was established in 1990 and completed the construction of the laboratory and research building in 1998. The main purpose was to improve the technology of earthquake engineering through the earthquake simulator laboratory (Shaking table, et al.). The application oriented researches in NCREE, including earthquake-resistant problems to be solved theoretically or experimentally, have been carried out to develop novel earthquake engineering technology.

In 1999, a devastating earthquake with magnitude $M_w 7.6$ attacked centrally. The 1999 Chi-Chi earthquake was the most disastrous earthquake in Taiwan in recent decades. Geologically, Taiwan lies between the Philippine Sea Plate and the Eurasian plate. Tens of thousands of earthquakes occur in Taiwan every year, with about one thousand felt earthquakes. Every 10 to 15 years, there has been a disastrous earthquake that killed more than 100 people in Taiwan. Therefore, people in Taiwan have to live with earthquakes. It is impossible to eliminate earthquake

disasters but we can mitigate it by progressions of earthquake engineering. In the last two decades, the massive and high-quality strong-ground motion data of the 1999 Chi-Chi earthquake has contributed to the developments of seismology, earthquake engineering, and disaster management in Taiwan. It also has benefited the rapid development of disaster prevention technologies, especially for seismic hazard assessment, seismic retrofit of buildings, and earthquake early warning, et al. In this paper, the advancements of three topics for mitigating earthquake disasters in Taiwan are introduced.

Probabilistic seismic hazard analysis

Taiwan's extremely high seismic hazard has to be seriously considered for the seismic design, building codes, and disaster preventions. However, most of the inputs for detailed and precise seismic hazard analysis, such as the ground motion characteristics, site effect, near-fault effect, long-period pulse effect, etc., are insufficient before the 1999 Chi-Chi earthquake. The plenty of high-resolution strong motion data recorded by the Taiwan Strong Motion Instrumental Program (TSMIP) made this earthquake became a turning point. NCREE invested many resources and made a big leap in developing the probabilistic seismic hazard analysis (PSHA).

Since 2000, NCREE cooperated with the Central Weather Bureau (CWB) to construct Engineering Geological Database for TSMIP (EGDT) to evaluate P, S-wave velocity and provide geology description information from drilling for strong motion stations. Up to 2012, the EGDT has set up around 450 sites that provide detailed site information such as Vs30 (average shear wave velocity for top 30 meters) for site classification, PSHA, and seismic design. Meanwhile, various technics, databases, and models of PSHA were progressively studied and renewed. Based on the more and more understanding of ground motion characteristics and seismic hazard, the seismic design code (Fig. 1) in Taiwan was also revised several times to consider new seismic zones, micro-zonation of Taipei Basin, and near-fault factor, etc. In 2016, NCREE hosted the Senior Seismic Hazard Analysis (SSHAC) project Committee Level III to reevaluate the seismic hazard of the nuclear power plants in Taiwan. This project helped us comprehensively improve the PSHA procedure with the experts at home and abroad. Now, the new EGDT site database includes Vs30, Z1.0 (depth of velocity reached 1.0 km/s), and kappa (high-frequency attenuation for FAS) for around 850 TSMIP stations [1] following global tendency in site classification for PSHA and seismic design. The newly developed Ground Motion Prediction Equation for Taiwan was developed based on the local ground motion database, American NGA experiences, and novel regression for truncation [2]. In addition, the seismic source characteristic model for the whole of Taiwan was constructed by cooperation with the experts of earth science. The PSHA can take advantage of all the achievements to expose potential seismic threats and discover the potential hazard and risks in Taiwan.

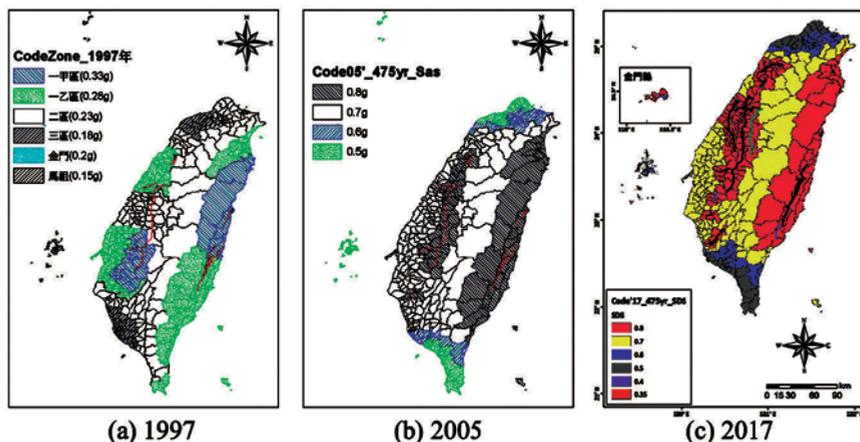


Figure 1. Progression of the seismic design code for buildings in Taiwan

Seismic retrofitting RC school buildings

The 921 Chi-Chi earthquake demonstrated that the safety level of school buildings in Taiwan is of great concern. During this earthquake, more than half of the school buildings in Nantou County were either partially or fully destroyed. Therefore, it is without a doubt that the seismic capacity of the school buildings in Taiwan should be a great concern and that the seismic capacity of the school buildings needs to be urgently improved through retrofitting. However, there are 3,763 public elementary, junior, and senior high schools (including vocational schools) in Taiwan and over 27,000 school buildings. Such a large number of buildings would easily exhaust the available funds if no economically effective method to follow.

From the reconnaissance of the 921 damaged school buildings, typical school buildings of Taiwan were mostly damaged by the failure of vertical structural members on the first floor and led to the collapse of the buildings along the direction of the corridor. Therefore, increasing the number of vertical structural members, or improving the strength and ductility of existing columns are effective methods of retrofitting. Traditional retrofitting methods, such as the RC column jacketing, the steel jacketing, and the addition of wing wall, are selected due to economic reasons. Those selected retrofitting methods were verified through the in-situ school tests. Fig. 2 illustrates several traditional methods of retrofitting applied to the buildings [3].

The Taiwan government allocated a budget of around TWD98 billion (1USD 30TWD) to upgrade, from 2009 to 2022, the seismic capacity of public elementary, junior, and senior high school buildings. NCREC entrusted by the Ministry of Education, established a Project Office for Seismic Upgrading of School Buildings to provide technical and administrative assistance to the project. In terms of technical assistance, NCREC provided methods for the school buildings' seismic evaluation and retrofitting. In terms of administrative assistance, the Project Office established operation specifications, gave seminars, popularized good retrofitted examples, and established a data bank.

Currently, the completed retrofitting constructions have reached 6,526 school buildings. At the end of 2022, the retrofitted school building can reach a number of 7,852,

which is approximately 1/3 of the total public-school buildings in Taiwan. It is hoped that, by seismic evaluation and retrofitting of school buildings, the general public of Taiwan would understand the importance of seismic retrofitting. This work may be continued and extended to other existing buildings to create a more secure homeland.

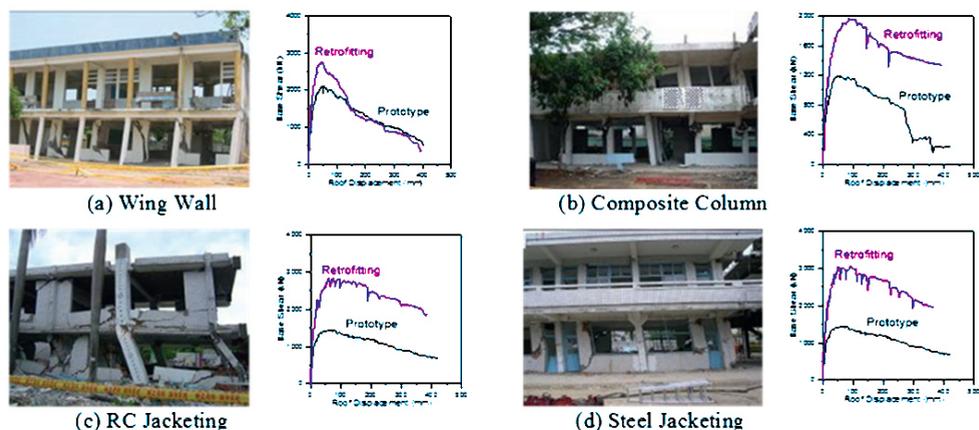


Figure 2. Experimental Verification of Retrofitting Measures by In-situ School Tests.

Development of the earthquake early warning and structural safety monitoring system

NCREE has developed an on-site earthquake early warning system (On-site EEWS), which can detect the first coming P-wave of an earthquake and estimate the strength (Peak Ground Acceleration, PGA) of following strong wave in 1–3 seconds. The On-site EEWS is composed of the sensing (seismic sensors), processing (PGA estimation of the following S-wave), and action (warning people, relay control to mitigate the seismic loss). Multiple sensors are applied in various locations to mitigate false alarms. After years of testing, in the 2016 Mei-Nong earthquake, one on-site EEWS in the blind zone of the conventional EEWS (epicenter distance 38km) successfully issued an alert 5.34s before the maximum shock. Due to the outstanding performance, the on-site EEWS had gradually increased to 94 set all around Taiwan. And the accuracy of prediction intensity (± 1 level) was more than 98% from 2016 to 2020.

In 2016, the CWB announced the regional EEW service for the public in Taiwan. With the growth of the application of on-site and regional EEW, NCREE got a mission from the government to combine the regional and on-site EEW to be the “Hybrid EEW”, establish the cloud service (B2B) for the industry and develop various EEW-automation application with the industry. The final goal is to establish an industry of seismic disaster reduction. Until 2020, more than 3500 schools, 21 fire departments, 12 buildings, 8 semi-conductor plants, 2 science parks, 2 hospitals, 2 exhibition halls, one stadium, and the Taiwan High-Speed Rail had applied the earthquake early warning system. The earthquake alarm transmits to various devices via the internet in 2 seconds. In these demos, people were notified before shake by alarm sound and flashlight, gas valve automatically closed, elevator stop at the clos-

est floor and evacuate users, the spotlight indicates people the safety shelter position, production line soft stopped (for rapid recover). In the 2019 Hualien earthquake, the Hybrid EEWS showed its great performance again. From 6~14 seconds after the earthquake occurred, the on-site EEW issued a warning for the close-epicenter areas with the earthquake wave propagated. On the 14th second, the regional EEW issued a warning for the whole country. It showed the great advantage of the Hybrid EEWS, the on-site EEWS can help the close-epicenter area got a warning earlier, greatly reduce the blind zone of the conventional EEW.

With the development of the EEW application, people are also starting to think further if the structure is safe after the earthquake. From 2013, NCREE had cooperated with a few universities in Taiwan to develop the Structural Safety Monitoring System (SSMS). State-of-the-art technologies about structural health monitoring had been developed for decades. It is time for NCREE to integrate the sensors, monitoring system, and structural safety assessment in SSMS. The sensor arrangement was designed according to the structure feature, function, and cost. The monitoring system detects the earthquake and collects all the data, and multiple safety assessment methods from academics had been applied for comparison. The first demo system was established at the office building of the Central Science Park in Taiwan. From 2020, NCREE started to cooperate with the Central Weather Bureau to set up SSMS for 30 buildings. NCREE's new building was one of them. Fig. 3 shows the working flow of the SSMS. About one minute after the shake, SSMS will provide a fast report to show all the sensors recorded. 5~10 minutes later, multiple structural safety assessment reports will be generated to show the safety level of the structure and possible damage locations. It can greatly speed up the post-quake reaction, people will not have to wait on the street for the experts to check the structure, and the resilience can be increased. At the same time, all the data will be open to the academic, and more structural safety assessment methods can be developed and validated.

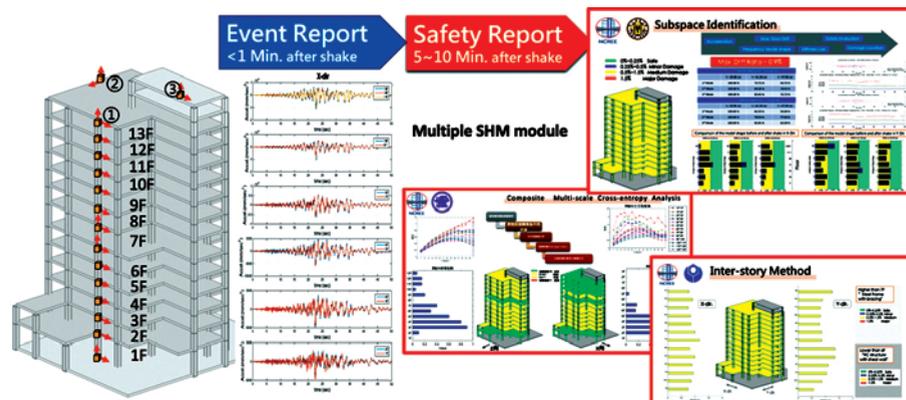


Figure 3. The working flow of the Structural Safety Monitoring System (SSMS) in NCREE.

Conclusions

High seismicity is an imperative issue in Taiwan. Inescapable earthquake disasters can be mitigated by the development of disaster prevention technologies in earthquake engineering. Three examples conducted by NCREE after the 1999 Chi-Chi earthquake are presented in this paper. The first one is to clarify how large the seismic threat by a novel PSHA procedure. Then, the seismic performance of school buildings was comprehensively improved by seismic evaluation and retrofitting to protect students and teachers. Finally, the advanced earthquake early warning system and structural safety monitoring system that can help reduce the loss of life and property when major earthquakes occur was introduced.

NCREE is committed to lead improving applications of earthquake engineering. Plenty of researches have been completed for earthquake disaster mitigation. Furthermore, the new Tainan Laboratory, completed in 2017, and the new addition of research space in the Taipei research building, completed in 2020, has further strengthened the research resource of NCREE. We will keep moving forward with the seismic safety of Taiwan.

References

1. Kuo, C. H., Lin, C. M., Chang, S. C., Wen, K. L., and Hsieh, H. H. (2017), "Site Database for TSMIP," NCREE Report, NCREE-17-004, Taipei, Taiwan. (In Chinese).
2. Chao, S. H., Chiou, B., Hsu, C. C., and Lin, P. S. (2020). "A horizontal ground-motion model for crustal and subduction earthquakes in Taiwan," *Earthquake Spectra*, 36 (2), 463.
3. Chung, L. L., Yeh, Y. K., Chien, W. Y., Chai, J. F., Hsiao, F. P., Shen, W. C., Chiou, T. C., Chow, T. K., Chao, Y. F., Yang, Y. S. and Hwang, S. J. (2008), "Technology Handbook for Seismic Evaluation and Retrofit of School Buildings," NCREE Report, NCREE-08-023, Taipei, Taiwan. (In Chinese).

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РЕМОНТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

APPLICATION OF COMPOSITE MATERIALS FOR REPAIR OF REINFORCED CONCRETE AND METAL CONSTRUCTION OF ENGINEERING STRUCTURES

Федотов М. Ю.,

*Российская инженерная академия, Россия, Москва
(e-mail: fedotovmyu@gmail.com)*

Fedotov M. Y.,

*Russian Engineering Academy, Russia, Moscow
(e-mail: fedotovmyu@gmail.com)*

Аннотация: Проведен анализ эффективности применения композитных материалов для ремонта железобетонных и металлических инженерных сооружений на примере мостов и морских подводных трубопроводов. Показана эффективность предложенного подхода для повышения безопасности эксплуатации сложных технических систем.

Abstract: The analysis of the effectiveness of the application of composite materials for the repair of reinforced concrete and metal engineering structures is carried out on the example of bridges and subsea pipelines. The effectiveness of the proposed approach for improving the operational safety of complex technical systems is shown.

Ключевые слова: композитный материал, ремонт, железобетонная конструкция, металлическая конструкция, инженерное сооружение.

Keywords: composite material, repair, reinforced concrete structure, metal structure, engineering structure.

Развитие науки открывает масштабные возможности по созданию принципиально новых материалов, конструкций, систем их диагностики. Вместе с тем, говоря, прежде всего, о строительной, дорожно-мостовой и транспортной отраслях промышленности, стоит отметить, что в эксплуатации находится огромное количество железобетонных, сталежелезобетонных и металлических конструкций, износ которых составляет 50 и более процентов, что напрямую влияет на безопасность движения. В случае появления серьезных повреждений дальнейшая эксплуатация может быть либо приостановлена полностью, либо объект будет находиться в режиме ограниченной эксплуатации до устранения причин возникших неисправностей и возвращения к проектным значениям грузоподъемности и несущей способности. При этом частичная или полная

остановка движения, как в случае автомобильных, так и железнодорожных мостов, может привести к существенным экономическим издержкам. Поэтому крайне актуальным вопросом является создание и широкое применение технологий ремонта инженерных сооружений, обеспечивающих надежное восстановление конструкций без замены несущих элементов в приемлемые сроки.

Данная проблема может быть частично решена за счет применения современных полимерных композитных материалов (ПКМ), на основе армирующих наполнителей и полимерных матриц различной природы.

Здесь стоит пояснить, что с точки зрения получения максимальных прочностных характеристик наиболее целесообразно использовать углеродные армирующие наполнители как отечественного, так и зарубежного производства. Вместе с тем, ввиду их относительно высокой стоимости, в сочетании с углеродными армирующими наполнителями могут быть также применены и стеклянные армирующие наполнители, имеющие более низкие прочностные и стоимостные характеристики.

Говоря о полимерных матрицах, стоит отметить, что могут быть использованы винилэфирные, эпоксидные и другие связующие в зависимости от технических требований к ремонту конкретного объекта и условий его эксплуатации.

В настоящее время ввиду относительной простоты и удобства проведения ремонтных работ широкое распространение получила технология усиления железобетонных конструкций, включающая в себя подготовительные операции по подготовке армируемой поверхности, нанесение армирующего наполнителя с одновременной пропиткой полимерным связующим холодного отверждения (контактное формование) в натуральных условиях без применения дополнительных систем обогрева для обеспечения должного уровня полимеризации [1]. Среди наиболее известных и зарекомендовавших себя на рынке производителей таких систем внешнего армирования (СВА) стоит отметить SikaWrap (Sika Group, Германия), MasterBrace (BASF SE, Германия), FibARM (АО «Препрег-СКМ», с 2018 г. входит в структуру UMATEX, ГК Росатом, РФ).

На рис. 1 приведена иллюстрация проведения усиления опор моста через р. Издревая, 22+493 км а/д «Новосибирск — Ленинск-Кузнецкий».

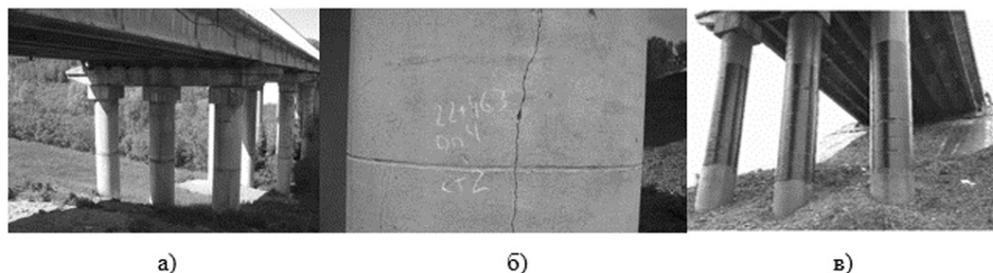


Рис. 1. Усиление опор моста СВА на основе ПКМ:

а) внешний вид опор моста до усиления; б) характерный дефект опоры — вертикальная трещина; в) внешний вид моста после усиления

По рассматриваемой технологии были проведены работы по восстановлению несущей способности и грузоподъемности большого количества объектов, что свидетельствует об эффективности предлагаемого технического решения.

При этом для усиления металлических конструкций такая технология неприменима ввиду существенной разницы в коэффициентах линейного температурного расширения стали и углепластика, создания гальванической пары и возникновения электрохимической коррозии при контакте углеродных и металлических материалов. Данная проблема частично может быть решена за счет применения композитных шпренгельных систем, по аналогии с известными металлическими. Такая технология была успешно применена на пилотном объекте, железнодорожном мосту 739 серии через реку Любовша, км 118 ПК 7+46 м пути участок Орел-Елец Московской железной дороги [2]. При этом в качестве дополнительного преимущества в рассматриваемом случае можно упомянуть отсутствие привязки к сезонности проведения работ. Однако в настоящее время есть ряд проблем, связанных с отсутствием нормативной базы, регулирующей применение таких систем для усиления несущих металлических конструкций железнодорожных мостов.

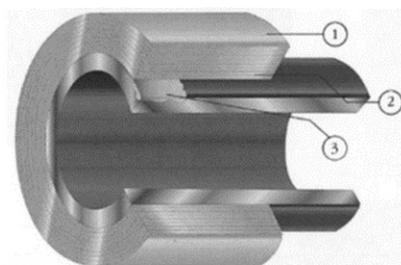
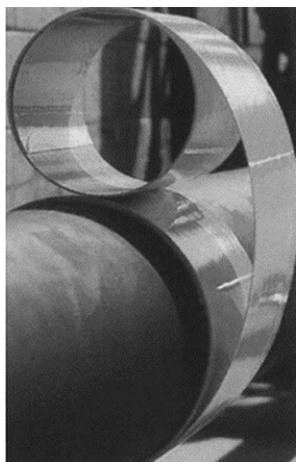
Технологии ремонта инженерных сооружений также находят свое применение в сфере эксплуатации инфраструктуры морских подводных трубопроводов (МПТ). Очевидно, что основными причинами отказов подводных трубопроводов являются механические повреждения (зацепления якорями и тралами, падения тяжелых предметов); коррозия и процессы старения; строительные дефекты и дефекты металла труб; природные воздействия (оползни, землетрясения, подводные течения). В этой связи проблема ремонта таких конструкций стоит очень остро, т.к. любая аварийная ситуация может привести к глобальной экологической катастрофе, что в свою очередь повлечет серьезные экономические издержки.

При этом ремонт МПТ осложняется тем, что конструкция находится в достаточно агрессивной морской среде, требуется учитывать воздействия от волнения моря, ветра и течений, льда, неблагоприятные погодные условия, сложный рельеф дна, сейсмичность, повышенная протяженность без промежуточных компрессорных или дожимных станций, ограниченные возможности подготовки и контроля трассы, затрудненность или невозможность реализации стандартных регламентов обслуживания и ремонтов.

Ремонт МПТ может осуществляться путем вырезки дефектного участка с последующей заменой поврежденного участка, при этом соединение элементов МПТ может осуществляться, например, методом мокрой сварки, могут быть также применены специальные механические двухсторонние соединительные муфты, в т.ч. с фланцами, к которым присоединяются концы нового бездефектного участка трубопровода и не требуют при монтаже сварочных работ.

Еще одним из возможных вариантов ремонта МПТ является применение бандажирования. Данный метод ремонта заключается в том, что на дефектных участках трубопровода формируется ремонтная конструкция путем на-

мотки бандажа из композиционных материалов с одновременной их пропиткой твердеющими адгезивными веществами. Различают бандажирование уже готовым композиционным материалом, например, ремонтной системой Clock Spring (рис. 2), или гибкими лентами из стекловолокна, кевлара, углеродных волокон и т. п. с послойной пропиткой твердеющими веществами во время наматывания лент на трубопровод.



- 1 - полоса композитного материала
- 2 - высокопрочный адгезив
- 3 - мастика для передачи нагрузки

Рис. 2. Внешний вид и конструкция ремонтной системы Clock Spring

Перед установкой поверхность трубы тщательно зачищается, дефекты наружной поверхности заделываются передающей нагрузке мастикой. Затем на ремонтируемый участок наматывают композитный бандаж, нанося на каждый виток полосы слой быстро отверждаемого двухкомпонентного адгезива. Количество слоев зависит от размеров дефекта и величины внутритрубного давления при эксплуатации. Для ремонта протяженных участков МПТ возможна установка нескольких бандажей вплотную друг к другу. Применение технологий подобного типа целесообразно для ремонта тройников, отводов и криволинейных участков трубопроводов. При этом технология крайне чувствительна к аккуратности и квалификации водолазов-ремонтников, не приспособлена для проведения с помощью ROV аппаратов, поэтому применяется в основном эпизодически.

При этом одним из наиболее перспективных и технологичных видов ремонта является применение усиливающих композитных муфт в различных модификациях.

Одним из лидеров в области диагностики вновь построенных трубопроводов, внутритрубной диагностики интеллектуальными снарядами и ремонту морских подводных нефтегазопроводов является компания «НТЦ «Нефтегаздиагностика» [3], имеющая целый ряд запатентованных разработок [4, 5] и успешно завершенных проектов.

В частности, предложено использовать усиливающие композиционные муфты трубопроводов — УКМТ (Smart Lock), предназначенные для ремонта

большинства типов дефектов основного металла и сварных соединений прямолинейных участков трубопроводов на весь остаточный срок службы трубопровода. Ремонт производится на действующем трубопроводе без остановки перекачки продукта. Конструктивно УКМТ состоит из нанесенного на клеевой слой герметизирующего упругого элемента (лайнера), накладываемого на подготовленный участок трубопровода, и силового корпуса. Принцип работы муфты УКМТ — компенсация напряжений в трубе от внутреннего давления в трубопроводе за счет создания внешнего контактного давления, что обеспечивает разгрузку металла дефектного участка трубопровода. При этом прочность силового корпуса муфты значительно больше, чем прочность бездефектного участка трубопровода.

Еще одним из вариантов ремонта является применение усиливающих муфт-протекторов с бетонным бандажированием (УБМТ), которые фактически являются комбинацией УКМТ (одной или нескольких) и стальной оболочечной муфты и предназначены для ремонта обетонированных трубопроводов с дефектами до 80% потери металла стенки трубопровода и, в том числе, расслоений с выходом на поверхность. Надежность ремонта обеспечивается за счет разгрузки дефектного участка трубопровода и переноса напряжений от внутреннего давления на силовой корпус композитной муфты.

В заключение следует отметить, что применение композитных материалов открывает широкие возможности для ремонта, в т.ч. внешнего армирования инженерных сооружений различного назначения. Эффективность технологий ремонта достигается за счет высоких прочностных и жесткостных свойств, коррозионной стойкости ПКМ, а также весовой эффективности и возможности внешнего армирования конструкций сложной формы в реальных условиях эксплуатации.

Литература

1. *Шилин А. А., Пшеничный В. А., Картузов Д. В.* Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. М.: Стройиздат, 2007. 181 с.
2. *Федотов М. Ю., Кошман Н. П., Гусев Б. В., Сперанский А. А., Лоскутов М. Л., Овчинников И. Г., Бокарев С. А., Шелемба И. С., Будадин О. Н., Козельская С. О.* Опыт применения композитных систем внешнего армирования и оптического мониторинга строительных сооружений // Транспортные сооружения. 2019. Т. 6. № 4. 20 с.
3. *Лещенко В. В., Винокуров В. И.* «НТЦ «Нефтегаздиагностика». Комплексный подход к обеспечению промышленной безопасности трубопроводов // Территория Нефтегаз. 2008. № 10. С. 44–45.
4. *Лещенко В. В., Винокуров В. И., Юдин В. В., Щербаков В. Т., Щербаков Д. В., Аникин С. В.* Композиционная муфта трубопровода / Патент на полезную модель RU 73331, 20.05.2008 г. Заявка № 2007142466/22 от 19.11.2007.
5. *Лещенко В. В., Юдин В. В., Винокуров В. И.* Устройство для ремонта трубопровода / Патент на полезную модель RU 175097 U1, 20.11.2017 г. Заявка № 2015156865 от 30.12.2015.

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «ИНЖЕНЕРИЯ БУДУЩЕГО» САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Богатырев В. Д.,

*ректор Самарского национального исследовательского университета
имени академика С. П. Королева,*

*доктор экономических наук, профессор, председатель управляющего
совета научно-образовательного центра «Инженерия будущего»,
академический советник РИА;*

Аншаков Г. П.,

*заместитель генерального конструктора АО «РКЦ «Прогресс»,
доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН,
действительный член РИА*

Салмин В. В.,

*заведующий кафедрой космического машиностроения имени
генерального конструктора Д. И. Козлова, доктор технических наук,
профессор, председатель президиума Самарского отделения РИА*

Научно-образовательный центр «Инженерия будущего» (далее — НОЦ, Центр) был создан в мае 2019 году по инициативе Губернатора Самарской области Дмитрия Игоревича Азарова и быстро стал центром притяжения научных школ и промышленных предприятий целого ряда регионов страны.

Миссия Центра мирового уровня — разработка ответов на большие вызовы научно-технологического развития Российской Федерации в части исчерпания возможностей экономического роста России, формирования цифровой экономики и рисков сокращения человеческих ресурсов.

Цель создания Центра — достижение мирового лидерства в научно-технологическом развитии и подготовке кадров по направлениям деятельности центра. Это означает, что Центр создается как эффективный механизм реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации на региональном уровне, способный обеспечить поиск ответов на большие вызовы и обеспечить реализацию приоритетов научно-технологического развития страны в рамках выбранных центром направлений деятельности.

К созданию Центра были привлечены ведущие научно-производственные коллективы, выдающиеся ученые, в том числе, члены Российской инженерной академии: Г. А. Кулаков, В. И. Никитин, П. К. Кузнецов, Д. Е. Быков, Е. В. Шахматов, Р. Н. Ахметов и др.

На территории Самарской области располагаются предприятия, которые имеют достижения, разработки мирового масштаба. Это всем известное ракетостроение и двигателестроение. И здесь Самарская область является лидером на протяжении десятков лет. По словам губернатора это явилось основой для создания НОЦ мирового уровня.

Тематика обусловлена тем, что инженерное знание и технологии лежат в основе современной экономики. Методы, подходы и технологии инженерии проникли в медицину, биологию, сельское хозяйство, химию и разработку новых материалов. Понимание направлений технологического развития определяет перспективы создания и использования новых продуктов. При этом компетенциями именно в области инженерных решений сильны регионы, выступившие инициаторами создания научно-образовательного центра: Самарская, Пензенская, Тамбовская, Ульяновская области и Республика Мордовия.

Деятельность Центра сосредоточена на развитии пяти направлений, среди которых двигательные и топливные системы нового поколения, искусственный интеллект, умные транспортные системы, аэрокосмические технологии, сектор новых инженерных компетенций, включая хайтек-медицину и цифровое сельское хозяйство.

Ключевым сквозным направлением работы Центра являются современные инженерные наука и IT-технологии, имеющие межотраслевой и междисциплинарный характер. В частности, ведущим научным направлением для развития НОЦ станет «Искусственный интеллект для инжиниринга», без которого уже немислимо представить себе жизненный цикл создания «умных вещей» и их цифровых колоний для будущего: космических летательных аппаратов, самолетов, в том числе беспилотных, поездов и автомобилей, приборов и устройств бытовой электроники, а также моделирование живых систем, включая растения и организм человека.

Благодаря им реализуются:

- интеллектуализация инжиниринга через создание баз инженерных знаний и разработку моделей, методов и алгоритмов «Искусственного интеллекта», включая управление группировками (роями) автономных «умных вещей» и создание цифровых экосистем и колоний такого рода систем коллективного интеллекта;
- перенос методов инженерии и модельных решений между различными областями знаний;
- развитие концепции «сильного интеллекта» для решения сложных инженерных задач на всех стадиях жизненного цикла сложных изделий;
- формирование системы сотрудничества с российскими и зарубежными центрами по вопросам современной инженерии.

Задачи центра:

1. Организация передовых исследований и разработок мирового уровня по направлениям деятельности центра.
2. Привлечение в регион, выявление и подготовка талантов, высококвалифицированных специалистов и технологических предпринимателей (в новых практико-ориентированных образовательных форматах) по направлениям деятельности центра.
3. Выход на глобальные рынки и реализация экстерриториальной модели центра с постоянно растущей инновационной экосистемой.

Выбранная специализация НОЦ подкрепляется сильным научным потенциалом, регулярно производящим новые знания в области физики, инженерии, аэронавтики, производственных технологий, компьютерных наук. Самарская область имеет высокие темпы роста публикационной активности, что может стать основанием для выхода НОЦ в число глобальных лидеров в науке. Инженерное знание носит универсальный характер, поэтому результаты научной деятельности в одной отрасли Самарской области быстро получают распространение в виде производства прикладных знаний для других отраслей экономики.

Одними из ключевых целевых продуктов деятельности центра являются высокотехнологичные продукты для космической индустрии, а именно: высокоорбитальные транспортные системы и аппараты, их динамические, функциональные и конструкционные элементы для построения системы многоуровневого мониторинга; малые космические аппараты, наноспутники и их группировки с различными типами целевой аппаратуры их динамические и функциональные элементы, сопряженные системы компьютерной оптики и обработки изображений; беспилотные авиационные комплексы, их динамические и функциональные элементы для построения и функционирования системы многоуровневого мониторинга Земли и околоземного космического пространства.

Формирующийся рынок частного космоса откроет новые перспективы для бизнеса — даст импульс к увеличению числа проводимых экспериментов в космосе, что позволит выйти на принципиально новый уровень конкурентоспособности продукции.

С этой целью в рамках НОЦ будет создаваться Центр коллективного пользования для развития частной космонавтики, который на коммерческой основе позволит частным компаниям воспользоваться его услугами. Основным преимуществом данного центра станет его лицензирование и сертификация ГК «Роскосмос» и «Росавиацией», а это позволит предоставлять услуги уже с точки зрения дальнейшего ускоренного получения лицензий частными компаниями у регуляторов. Все это позволит НОЦ стать центром коллективного пользования, поскольку в нашей стране он будет владеть теми компетенциями и предоставлять те услуги, которых нет ни у кого.

Развитие этих направлений (центр коллективного пользования для развития частной космонавтики и проведение экспериментов на орбите) возможно лишь при условии подготовки кадров, которые смогут обеспечить реализацию намеченных планов. Одним из инструментов роста компетенций молодежи в данном направлении может стать участие в программе запуска малых космических аппаратов (далее МКА) «УниверСат», созданной в целях содействия развитию научно-технического потенциала, профессионального самоопределения и творчества детей и молодежи в интересах ракетно-космической отрасли, а также обеспечения реализации образовательными организациями научных экспериментов в сфере исследования космическо-

го пространства. Центром планируется проработать с Фондом содействия инновациям вопрос по финансированию разработки МКА участниками НОЦ, в том числе в рамках студенческих проектов, а также проработать с Клубовым движением НТИ вопрос усиления профиля Олимпиады НТИ «Аэрокосмические системы», в том числе в целях получения практических предложений по созданию МКА.

В настоящий момент участники центра взаимодействуют с 63 странами: в том числе странами Евросоюза, Бразилией, Аргентиной, Индией, странами Африки, Ираном, Кубой, США, Канадой, Китаем. Уже на текущий момент ведется планомерная работа по выводу Центра на международный уровень — заключено соглашение о партнерстве Центра с университетами Беларуси и Финляндии. Партнерство развивается в сферах, соответствующих основным направлениям деятельности Центра: разработка аэрокосмических аппаратов, создание новых материалов, интеллектуальные системы управления, аграрный инжиниринг и другие.

НОЦ «Инженерия будущего» за полтора года деятельности приобрел якорных промышленных партнеров, среди которых ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», ОАО «РЖД». Ведется плотная работа по выстраиванию отношений с ГК «Росатом», акционерными обществами Сбер, Газпром и Новатэк.

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ НАМОТКИ КОМПОЗИТНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

TECHNOLOGY OF AUTOMATED WINDING OF COMPOSITE AEROSPACE STRUCTURES OF COMPLEX SHAPE

Малков И. В.,

*Иностранный член Российской инженерной академии,
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт», Украина, Харьков
(e-mail: i.v.malkov@mail.ru)*

Malkov I. V.,

*National aerospace university the name of N. E. Zhukovsky the
"Kharkov aviation institute", Ukraine, Kharkiv*

Аннотация: Показано, что технология автоматизированной намотки является одним из самых перспективных способов получения изделий из КМ. Дана количественная оценка эффективности основных методов переработки полимерных композиционных материалов и показаны преимущества технологии автоматизированной намотки. Показаны пути совершенствования этой технологии в направлении создания изделий сложной формы.

Abstract: It is shown that the technology of automated winding is one of the most promising ways to obtain products from CM. A quantitative assessment of the effectiveness of the main methods of processing polymer composite materials is given and the advantages of the automated winding technology are shown. The ways of improving this technology in the direction of creating products of complex shape are shown.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, автоматизация технологических процессов, летательные аппараты.

Keywords: polymer composite materials, automation of technological processes, aircraft.

Наиболее высокие и стабильные деформативно-прочностные, теплофизические, массовые и другие физико-механические характеристики достигаются в конструкциях из композиционных материалов (КМ), изготовленных по технологии автоматизированной намотки. Метод намотки, существующий почти 70 лет, вышел на новый виток своего развития и имеет большие потенциальные возможности. Сегодня поставлен вопрос о намотке неосе-

симметричных тел и конструкций более сложной формы, значительного расширения применения технологии намотки при создании принципиально нового технологического оснащения и изделий с новыми структурами армирования.

Создание конструкций из композиционных материалов методом намотки является трудоемким процессом, требующим обоснованного выбора типа армирующего материала и матрицы, проектирования и изготовления сложной технологической оснастки, использования уникального оборудования, высокопрофессиональной отработки технологических параметров изготовления изделий, а также проведения комплекса исследований по оценке работоспособности изготовленной конструкции.

Этот метод переработки КМ значительно превосходит другие методы по комплексному показателю эффективности (табл.1):

$$K_{\text{э}} = \frac{\sigma \cdot \Pi \cdot C_u}{C_o \cdot K} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где σ — прочность изделия; Π - производительность технологического процесса; C_u — степень сложности изделия; C_o — стоимость оборудования; K - квалификация рабочего.

Таблица 1

Показатели эффективности методов переработки КМ

№ п/п	Метод	C_u	Π	K	C_o	σ	$K_{\text{э}}$
1.	Контактное формование	1	1	10	10	3	3
2.	Напыление	4	4	10	10	1	1
3.	Прессование	8	8	4	5	7	8,7
4.	Намотка	6–7	6	2	4–7	9–10	15–35

По прогнозам специалистов перспективы развития метода намотки, должны идти в направлении создания несимметричных изделий и изделий более сложной формы, а также в использовании больших потенциальных возможностей метода, связанных с его технологическими особенностями. Анализируя приведенные данные можно сделать заключение, что технология намотки, имея значительные преимущества перед другими методами, обладает большими потенциальными возможностями, которые скрыты главным образом в области новых конструктивно-технологических решений (КТР).

Разработка новых КТР позволит значительно снизить трудоемкость изготовления конструкций за счет автоматизации и сокращения объема технологической подготовки производства (ТПП) и формировать конструктивные элементы более сложной формы.

Создание конструкций более сложной формы может развиваться по двум направлениям (рис.1). При существующем уровне технологии (T_1) и про-

граммного обеспечения систем управления (ПП₁) возможна реализация метода намотки для изделий с некоторой степенью сложности формы (Φ_1). Достичь более высокой степени сложности изделия (Φ_2, Φ_3, \dots) можно совершенствуя, либо технологический процесс намотки (T_2), либо управляющую программу намотки (ПП₂). Совершенствование одновременно в двух направлениях может значительно повысить эффективность результата.

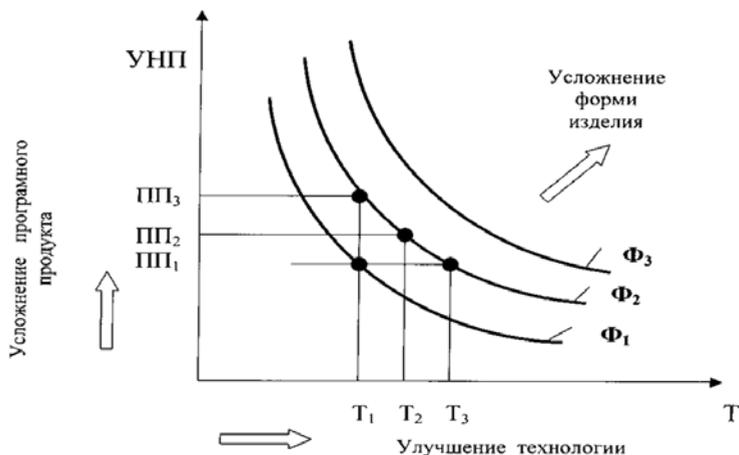


Рис. 1. Зависимость степени сложности изделий от уровня технологии

Переднее горизонтальное оперение легкого самолета

Разработана технология изготовления из КМ методом намотки неосесимметричных аэродинамических силовых элементов конструкции типа крыльев самолета, лопастей вертолета, воздушных и водяных винтов [1]. Найдена схема армирования поверхности, позволяющая получить переменную толщину стенки с ее уменьшением от корневой к концевой нервюре. Получены зависимости необходимые для определения траектории укладки армирующего материала на поверхности с произвольным выпуклым сечением и определены траектории перемещения рабочих органов двух и трех координатного намоточного станка для их реализации. Разработанная методика расчета может применяться при создании из КМ методом намотки различных аэродинамических силовых элементов конструкции с положительной кривизной поверхности.

Данная технология была реализована в проекте легкого коммерческого самолета «Е-1», разработанного фирмой «САВИАТ» (г. Москва, гл. конструктор В. С. Егер), в виде переднего горизонтального оперения.

Воздушный винт

Разработана технология изготовления из КМ методом намотки воздушных винтов или отдельных лопастей для вертолетов, сверхлегких самолетов, вентиляторов и быстроходных ветроколес для ветроэнергетических установок крыльчатого типа [2]. В основу технологии положен принцип двух-

стадийного формообразования: первая стадия — формирование силового полуфабриката методом намотки, вторая стадия — контактное формование полуфабриката в жесткой пресс-форме с последующей полимеризацией. Отличительной особенностью разработанной технологии является то, что формирование полуфабриката производится методом намотки пропитанного связующим непрерывного волоконного армирующего материала (АМ), охватывающего вначале центральную втулку с последующими непрерывно уложенными параллельными витками послойно в плоскости пера лопасти с уменьшением количества слоев к периферии пера. Кроме того, укладка АМ производится не на традиционную оправку, повторяющую форму изделия, а на специальные технологические шпильки, которые удаляются перед вторым этапом формования. Указанное отличие исключает возможность расслоения материала, так как волоконный АМ образует замкнутый контур. Это повышает прочность винта без использования продольного лонжерона и надежность его работы при повышенных режимах эксплуатации. Ни один из известных винтов не обладает отмеченными свойствами, так как выполнены либо из тканевого материала, либо из сплошного материала (дерева, металла), что увеличивает его массу. По предложенной технологии после полимеризации полученный винт практически не нуждается в механической обработке, которая необходима для винтов, изготовленных из тканевого материала, так как автоматический режим изготовления позволяет получать заготовки требуемых размеров.

Таким образом, разработанная технология изготовления винтов позволяет повысить производительность и улучшить условия труда за счет применения автоматизированной намотки заготовки, снизить расход материала, устранить операции раскроя и ручной пропитки материала за счет использования волоконной технологии, задавая различные свойства материалу в зависимости от условий эксплуатации воздушных винтов.

Стержневые элементы

Разработана технология изготовления из КМ методом намотки размеростабильных углепластиковых стержней. Основными требованиями к стержневым элементам ферменных конструкций (ФК) космических аппаратов (КА) являются высокая прочность, жесткость и температурная стабильность в условиях естественного перепада температуры в открытом космосе. Рассмотрены особенности углепластиковых стержней прямоугольного поперечного сечения.

Предложен способ изготовления стержневых элементов, позволяющий повысить стабильность коэффициента линейного термического расширения (КЛТР).

Разработанная технология может применяться при создании ФК КА, а также в других областях, где требуются стержневые конструкции минимальной массы с высокой прочностью, жесткостью и температурной стабильностью.

Многолучевые фитинги

Разработаны новые принципы и технология формообразования методом намотки объемных многолучевых фитингов (МЛФ) из КМ для ФК КА [3].

Впервые разработана классификация МЛФ на основе понятия базовых фитингов (БФ), позволившая сформулировать подход к формообразованию намоткой композитных структур МЛФ. Классификатор и предложенную кодировку МЛФ можно использовать на этапе структурного анализа конструкции фермы для оценки всей номенклатуры фитингов, их систематизации и автоматизации процесса обработки исходной информации.

Предложенная классификация БФ и вариантов их развития послужила базой для разработки теоретических основ процесса формообразования намоткой из КМ многолучевых фитингов и технологии из автоматизированной намотки, которая обеспечивает высокую степень реализации свойств исходной арматуры в конструкции и воспроизводимость параметров от изделия к изделию.

Предложены два принципа формообразования намоткой композитных структур МЛФ: интегральный и дифференциальный, оценены недостатки и преимущества каждого.

Интегральный принцип основан на перепрофилировании сформированных слоев с интегральной на начальную форму оправки, дифференциальный — на декомпозиции (технологическом членении) конструкции МЛФ на отдельные элементы-лучи с последующим синтезом композитных структур методом намотки.

Разработана методика расчета технологических параметров процесса изготовления МЛФ намоткой. На основе интегрального и дифференциального методов формирования композитных структур разработана принципиально новая технологическая оснастка для изготовления МЛФ [4].

Основной особенностью технологии намотки фитингов является разработка специальных методов и конструктивно-технологических решений, позволяющих производить укладку слоев армирующего материала (АМ) различного направления, используя принцип кольцевой намотки. При таком подходе разработка алгоритмов и методов расчета траекторий укладки АМ и перемещений рабочих органов намоточного станка значительно упрощается.

Для реализации процесса намотки разработан комплекс программного обеспечения, использование которого позволяет автоматизировать процесс намотки фитингов и уменьшить трудоемкость изготовления в 8...10 раз.

На основе разработанных методик проведены жесткостные испытания соединения «фитинг-стержень», а также испытания МЛФ на растяжение и изгиб с выбором критериев оценки прочности лучей фитингов и путей их повышения.

Изготовленные по технологии автоматизированной намотки многолучевые фитинги значительно превосходили по своим эксплуатационным характеристикам МЛФ, изготавливаемые методом выкладки (рис. 2).

Интегральные ферменные конструкции

Разработан новый технологический метод повышения параметров жесткости основной силовой части негерметичных космических аппаратов — ферменной конструкции.

Оценена возможность формообразования ферменных конструкций интегрального типа из композиционных материалов (КМ) методом намотки. В основу создания фермы интегрального типа положен принцип декомпозиции с последующим синтезом структуры силовых элементов методом автоматизированной намотки (рис. 3).

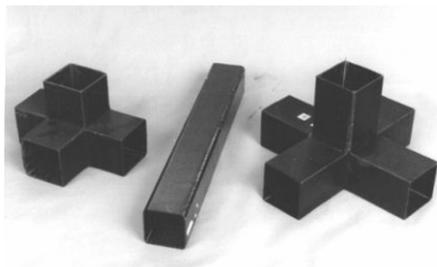


Рис. 2. Трубчатый элемент и фитинги, изготовленные намоткой

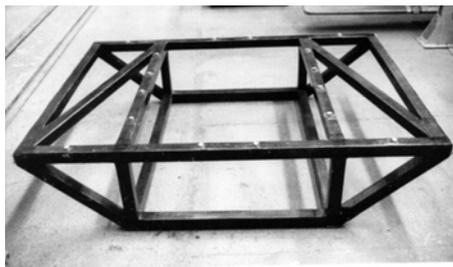


Рис. 3. Ферма, изготовленная интегральной намоткой

Впервые предложена математическая модель технологического процесса (ТП) формообразования намоткой ферменных конструкций интегрального типа из КМ. Моделирование ТП сборки из КМ методом намотки позволило разработать алгоритм технологической подготовки производства (ТПП), реализующий бесфитинговую функциональную схему, интегральный тип ФК и двух стадийную одно номенклатурную технологию изготовления. Алгоритм ТПП позволяет выбрать рациональный вариант процесса сборки. Расчеты подтвердили факт снижения общего числа возможных вариантов последовательностей сборки при декомпозиции собираемого изделия, что говорит о возможности уже на этапе проектирования ТП сборки повысить степень обоснованности принятия решений и снизить вероятность ошибки при проектировании. Благодаря декомпозиции, дифференциации процесса сборки на операции и рациональному распределению их по рабочим местам можно сократить трудоемкость сборки на 15...20%.

Качество будущей фермы определяется на этапе ее членения (декомпозиции). Предложен подход рационального членения ФК по модульному признаку. Деление на модули производится исходя из вида нагружения фермы, что приводит к необходимости поиска оптимального решения. Рассмотрены ошибочные варианты и указаны методы их устранения.

Для предлагаемой технологии интегральной намотки предъявляются высокие требования к технологической оснастке, которые необходимо учитывать на этапе ее проектирования, т.к. качество оснастки будет определять

стабильность размеров фермы. Создано специальное устройство для формирования намоткой наружного кольцевого слоя на стержнях ФК.

Экспериментальные исследования теплофизических свойств бесфитинговых ФК интегрального типа из КМ проведены методом голографической интерферометрии с целью сравнительных испытаний с фермой-аналогом из алюминиевого сплава. Задачей испытаний являлось измерение линейных и изгибных деформаций для проведения качественного и количественного анализа процессов деформирования, протекающих в конструкции при заданных температурных воздействиях.

Анализ полученных результатов показывает, что в углепластиковой ферме по сравнению с алюминиевой: линейные деформации стержней меньше в 6...7 раз, а изгибные — в 8...9 раз. Это указывает на значительно большую жесткость углепластиковой фермы и несомненное преимущество ФК интегрального типа, изготовленных методом намотки.

Список литературы

1. Патент РФ №2089444. Способ изготовления сложнопрофильных изделий из композиционных материалов методом непрерывной намотки /В.А. Рач, Г.А. Могильный, И. В. Малков (UA). — заявлено 25.08.95, зарегистрировано 10.06.96.
2. Патент України на винахід №25770А. Повітряний гвинт та спосіб його виготовлення /Рач В. А., Малков І. В., Могильний Г. А., Калюжний В. В., Денисенко О. І. (UA). — заявлено 10.10.96, зареєстровано 30.10.98.
3. Патент України на винахід №21834А. Спосіб виготовлення фітинга /Рач В. А., Малков І. В., Могильний Г. А., Калюжний В. В. (UA). — заявлено 03.01.97, зареєстровано 30.04.98, бюл. №2.
4. Патент України на винахід №24532А. Технологічна оснастка для виготовлення виробів складної форми безперервного намотування /Рач В. А., Калюжний В. В., Малков І. В. (UA) — заявлено 27.05.97, зареєстровано 21.07.98.

**БУДУЩЕЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, СОЗДАНИЕ
ПОДКРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ACCELERATOR DRIVEN SYSTEM
(ADS), КАК ПРОТОТИПОВ МАЛЫХ АЭС**

**FUTURE OF THE NUCLEAR POWER AND INVESTIGATION
SUBCRITICAL ASSEMBLY ACCELERATOR DRIVEN
SYSTEM (ADS), AS PROTOTYPES OF THE SMALL NUCLEAR
POWER PLANTS**

Бутцев В. С.,

*Российская инженерная академия,
Объединенный институт ядерных исследований, Россия, Дубна
butsev@jinr.ru*

Buttsev V. S.,

*Joint Institute for Nuclear Research, Russia, Dubna,
butsev@jinr.ru*

Аннотация. В работе рассматриваются динамика мировых технологических гипертрендов и реальные прорывные технологии, в том числе глобальная задача в качестве топлива на АЭС вместо ^{235}U использовать ^{238}U в реакции облучения быстрыми нейтронами для получения ^{239}Pu . Тогда АЭС будут работать в качестве размножителя, когда нового топлива оказывается больше, чем загруженного изначально. Этот научный прогресс способен обеспечить страну доступной дешевой электроэнергией на несколько лет вперед при дефиците ^{235}U и падении цен на нефть.

Abstract: The real high technologies are considered including the solving of the global problem of using U-238 in the irradiation reaction by fast neutrons for producing Pu-239 as a fuel for APS and mini-APS. In this case, the nuclear power plants will work as a multiplier when new fuel is more than it was loaded initially. Such a scientific progress is capable of providing the country with available and cheap electric power for several years ahead at a U-235 deficiency and falling the oil prices.

Ключевые слова: устойчивое развитие, динамика технологических трендов, прорывные технологии, мини АЭС, топливо для АЭС, ^{235}U , ^{238}U .

Keywords: The Global Tendencies of technological, sustainable development, Atomic Power Station, mini-versions, as a fuel for APS, ^{235}U , ^{238}U .

Прорыв в науке, особенно в ядерной энергетике не могли вообразить даже фантасты. В этой захватывающей истории, начиная с открытия Анри Беккерелем, Марией Кюри и Пьером Кюри в 1898 году радиоактивности тория, полония, и радия и пошло название распад ядра и трансмутация.

В 1902 году Эрнест Резерфорд и Фредерик Содди выдвинули теорию, согласно которой радиоактивное излучение возникает при распаде атомных ядер. Это было существенным вкладом в зарождающуюся ядерную физику.

Позже были построены первые атомные электростанции (АЭС): Россия — 1954г., 50 МВт, Британия — 1956г., 46 МВт, США — 1957г., 60 МВт.

Прошло более 60 лет, мир достиг больших успехов в строительстве гигантских АЭС. Однако, трагедии случившиеся на Чернобыльской АЭС (Россия) и АЭС Фукусима (Япония), заставили человечество задуматься о будущем ядерной энергетике. Мы стоим на пороге революционного перехода к безопасной и безотходной ядерной энергетике на основе концепции строительства малых АЭС.

По авторитетному мнению специалистов различных стран, в том числе Международного энергетического конгресса (МКРЕ), наиболее перспективным развитием энергетике следующего столетия считается ядерная энергетика. В настоящее время в Российской Федерации работают следующие атомные электростанции:

1. Балаковская — 1985–1993гг. — 4 блока ВВЭР -100

2. Калининская -1984–1986гг. — 3 ВВЭР -1000

3. Кольская 1973–1984—4 ВВЭР — 440

4. Нововоронежская — 1964–1973гг. На 4-х АЭС работает 7 блоков ВВЭР — 1000

(1 ГВт энергии), 6 блоков ВВЭР — 440 (0,44 ГВт энергии). Первый водографитовый ядерный реактор канального типа РМБК — 1000.

5. Курская 1976–1985—4 блока РМБК — 1000.

6. Ленинградская 1973–1984гг. — 4 РМБК — 1000

7. Смоленская 1982–1980гг. — 3 РМБК — 1000

8. Белоярская 1964–1980гг. В 1980 году введен в эксплуатацию ядерный реактор на быстрых нейтронах с первым теплоносителем ВН-600. До сих пор единственный в мире работающий ядерный реактор на быстрых нейтронах. С 2015 года на Белоярской АЭС совместно с учеными на 4-ом энергоблоке реактора на быстрых нейтронах БН-800 в качестве топлива используется не редкий и дорогой ^{235}U 0,7% как на обычных АЭС, а «отвалный» изотоп ^{238}U , составляющий 99% добываемого урана.

9. Билибинская 1974–1976гг., четыре водографитных канальных реактора ЭГП-6 с мощностью 12 МВт каждый в зоне вечной мерзлоты.. Сброс теплой воды из конденсаторов паровых турбин дает возможность отапливать посёлок и продлить время добычи золота.

10. «Полярная», установленная мощность 280 МВт.

Эксплуатирующиеся в настоящее время блоки необходимо модернизировать, поэтому ведущие страны вкладывают миллиарды долларов в научные разработки нового поколения АЭС. Масштабное использование технологии электроядерных установок при проведении модернизации АЭС даст огромную прибыль тем инвесторам, которые получают право на использование перспективной технологии создания нового поколения АЭС.

Время жизни ядерных энергетических установок не превышает 40 лет. К 2030 году все ядерные реакторы, сооруженные до 1990 г. надо будет выводить из эксплуатации. Наступает время реализации концепции малых мини АЭС.

Существует три принципиальных недостатка ядерной энергетики, не устранив которые ядерная энергетика в XXI веке не может стать основой электроэнергетики:

1. Радиоактивная опасность. Все энергоисточники после получения от них энергии, имеют отходы, как правило действующие на окружающую среду. Облученное ядерное топливо (ОЯТ) содержит долгоживущие радиоактивные изотопы (Pu, Np, Am, Cm), см. таблицу 1. Отходы ТЭС также содержат радиоактивные изотопы.

2. Радиоактивные аварии. Цепная ядерная реакция выходит из под контроля, возникает ядерная вспышка. Теплоноситель не может снять выделенную энергию, происходит разрушение тепловыделяющих элементов.

3. Хорошо известно, что главным недостатком современных АЭС является предельно низкая эффективность потребления топлива. Используется только 4–5% урана в ТВЭЛах, загруженных в бланкет. Остальные 95% урана — облученное ядерное топливо (ОЯТ) нужно либо захоранивать, либо трансмутировать. ОЯТ имеет высокую активность, содержат долгоживущие изотопы (см. табл. 1), которые распадутся через сотни веков.

Таблица 1

Долгоживущие изотопы, наиболее опасные для заражения радиоактивностью окружающей среды (земли, воды и лесов)

№	Изотоп	σ , barn	$T_{1/2}$
1.	^{95}Zr	2.6 ± 1.4	1.5×10^6 лет
2.	^{99}Tc	20.0 ± 1 22.9 ± 1.3	2.13×10^5 лет
3.	^{126}Sn	0.297	$\sim 10^5$ лет
4.	^{129}I	27 ± 2.2	1.5×10^7 лет
5.	^{135}Cs	8.7 ± 0.5	2.3×10^6 лет
6.	^{137}Cs	0.11 ± 0.033 0.25 ± 0.02	29.9 лет
7.	^{232}Th	7.4	1.4×10^{10} лет
8.	^{233}U	$\sigma_f = 522.6$	71.7 лет
9.	^{237}Np	$\Sigma_c = 169 \pm 3$ $\sigma_f = 0.0019 \pm 0.033$	2.14×10^6 лет
10.	^{241}Am	$\sigma_c = 832 \pm 20$ $\sigma_f = 3.15$	4.3×10^2 лет
11.	^{243}Am	$\sigma_c = 79.3 \pm 1.8$ $\sigma_f = 0.2 \pm 0.11$	7.4×10^3 лет
12.	^{247}Cm	$\sigma_f = 75.4 \pm 1.2$	1.56×10^7 лет
13.	^{248}Cm	$\sigma_f = 77.3 \pm 1.3$	3.4×10^5 лет

В настоящее время с помощью ядерных реакторов получают около 15% всей вырабатываемой в мире электроэнергии. Ядерная энергия сегодня и в обозримом будущем является единственным энергоисточником, который может обеспечить любые потребности человечества в энергии и тепле. Уже сейчас в электроэнергетике наиболее развитых странах на долю ядерной энергетики приходится более высокий процент выработки, чем на ТЭС и ГЭС см. таблицы 1 и 2.

Таблица 2

Страны, имеющие высокую долю выработки

ТЭС	ГЭС	АЭС
Нидерланды (97%)	Норвегия (99,%58)	Франция (72%)
Польша (87%)	Бразилия (92%)	Бельгия (61%)
ЮАР (91%)	Канада (61%)	РеспубликаКорея(54%)
Румыния (83%)	Албания (90%)	Швейцария (42%)
Китай (80%)	Эфиопия (80%)	Швеция (45%)
Мексика (82%)	Колумбия (70%)	Испания (38%)
Россия (68 %)	Россия (16,2%)	Россия (18,6%)

Таблица 3

Страны, доля электроэнергии, мощность, выработка

Страна	Мощность, МВт ^[3]	Выработка, ГВт·ч ^[3]	Доля ^[3] (2014 год)	Станций
Аргентина	0016271 627	005258175 258,17	4,0 %	2
Армения	000375375	002265642 265,64	30,7 %	1
Бельгия	0059275 927	0320937432 093,74	47,5 %	2
Болгария	0019061 926	0150139915 013,99	33,6%	1
Бразилия	0018841 884	0144633914 463,39	2,9 %	1
Великобритания	0092439 373	0579184857 918,48	17,2 %	8
Венгрия	0018891 889	0147777314 777,73	53,6 %	1
Германия	01206812 074	0917837091 783,70	15,8 %	8
Индия	0053085 308	0332378733 237,87	3,5 %	7
Иран	000915915	003723603 723,60	1,5 %	1
Испания	0071217 121	0548603854 860,38	20,4 %	5
Канада	01353813 500	0985881298 588,12	16,8 %	6
Китай	01793619 907	12380769123 807,69	2,4 %	13
Мексика	0015701 330	009311609 311,60	5,6 %	1
Нидерланды	000482482	003873513 873,51	4,0 %	1
Пакистан	000690690	004577534 577,53	4,3 %	2
Россия	02365424 654	16906484169 064,84	18,6 %	10
Румыния	0013001 300	0107536810 753,68	18,5 %	1
Словакия	0018151 814	0144203414 420,34	56,8 %	2
Словения	000688688	006060826 060,82	37,2 %	1
США	9908199 244	79861626798 616,26	19,5 %	62
Тайвань	0050325 032	0408010640 801,06	19,5 %	3

Как видно из таблиц доля атомной энергии от общей выработки в Единой энергосистеме России составляет 18,6%. Это очень мало для такой огромной страны, как Россия. Увеличение доли энергии, вырабатываемой в современном мире по ядерной технологии продолжает расти. Однако, развитие ядерной энергетики сталкивается с рядом проблем, касающихся, прежде всего, ядерной безопасности и связанных с накоплением в реакторе АЭС большого количества радиоактивности [1–8].

Значительное усиление позиции ядерной энергетики может произойти в связи с экспериментами, проведенными на 4-ом энергоблоке Белоярской АЭС Свердловской области [20]. Сенсация состоит в том, что российские атомщики предложили использовать на 4-ом блоке реактора на быстрых нейтронах БН-800 в качестве топлива не редкий ^{235}U , как на обычных АЭС, а «отвальный» изотоп ^{238}U , составляющий 99% добываемого урана и 94% отходов традиционной атомной энергетики. Научно-технический прогресс, который реализуется в случае данного эксперимента, способен обеспечить страну доступной и в меру дешевой электроэнергией на несколько сотен лет вперед. Распространенность изотопов урана в природе известна: ^{234}U ($2,44 \times 10^5$ лет) 0,005%; ^{235}U ($7,04 \times 10^8$ лет) 0,7%; ^{238}U ($4,47 \times 10^9$ лет) 99%. Ученые многих стран мира мечтают использовать ^{238}U в качестве топлива для АЭС.

В последние годы приходит понимание двух потрясающих вещей. Первая, на наших глазах в России происходит научно-технический прорыв, который в случае успеха, способен обеспечить страну дешевой энергией на несколько сотен лет вперед. Прорыв подготовлен кропотливым трудом физиков — ядерщиков, проводивших эксперименты на пучках протонов от 10 ГэВ до 660 МэВ и пучках нейтронов 14,5 МэВ на нуклон [9–18].

Мировое лидерство России в исследовании революционных источников энергии давно признано. Можно привести ряд разрабатываемых установок: «SAD», «Ялина» г. Минск и «Ялина-Д» в Дубне. Общими недостатками всех способов получения энергии на делении ядер урана, является их дороговизна.

Большинство экспериментов по исследованию потока вторичных частиц при использовании подкритических систем Accelerator Driven System (ADS) прототипов нового поколения малых АЭС проводится на пучках протонов с E_p - 10 ГэВ синхрофазотрона и фазотрога ЛЯП ОИЯИ с энергией протонов E_p - 660 МэВ (рис. 1.), Синхрофазотрон построен в Дубне М. Г. Мещеряковым в 1949 году, затем преобразован в фазотрон, работает до сих пор, имеет ток пучка 2,5 Мка и интенсивность протонов 10^{13} р/сек. Большинство наших экспериментов были выполнены на этом ускорителе.

Рассмотрим подкритическую установку «Ялина» Минск, управляемую пучком нейтронов нейтронного генератора 14,5 МэВ и подкритическую систему «Ялина -Д», на пучках протонов 660 МэВ фазотрона ОИЯИ. Проведены многочисленные эксперименты на этих установках. Мы исследовали закономерность влияния исходного пучка частиц при облучении свинцовой мишени на спектр нейтронов, стимулирующих не работающие ТВЭЛы

к новому процессу деления урана в бланкете. Становится понятным, что ТВЭЛы, которые отработали 5–6 лет и процесс деления в них остановился, можно таким образом оживить.



Рис. 1. Синхрофазотрон (фазотрон) Лаборатории Ядерных Проблем ОИЯИ

Этот метод в атомной энергетике, основан на делении тяжелых ядер в подкритических системах, управляемым внешними источниками заряженных частиц. Электроядерный способ включает получение потока тепловых нейтронов, образующихся в протяженных мишенях из свинца, висмута или урана под действием пучка заряженных частиц. Созданный поток тепловых нейтронов, в свою очередь, производит деление тяжелых ядер урана — ^{238}U с обогащением до 10% урана — ^{235}U в тепловыделяющих элементах ТВЭЛх, размещенных в подкритической сборке,.

В настоящее время разрабатываются новые методы, учитывающие недостатки современной ядерной энергетике. Мы предлагаем революционное решение увеличения доли атомной энергетике в России за счет создания серии ультрасовременных мини АЭС различной мощности от 30 КВт. до 100 КВт.

Рассмотрим получение энергии и трансмутации радиоактивных изотопов подкритическими системами, управляемыми внешним источником заряженных частиц, и увеличение длительности компании в результате уменьшения частоты перегрузок тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) за счет достижения равномерности энерговыделения и равномерности выгорания делящихся материалов при одновременном снижении экономических затрат. Выделение энергии осуществляется в цепочке ядерных превращений под действием нуклонов, p – мезонов, g – квантов, которые приводят к образованию низкоэнергетических нейтронов, которые в свою очередь, вызывают деление тяжелых ядер (Th , U , Pu , Np , Am), где происходит образование

нейтронов, g — квантов и выделение энергии в веществе за счет замедления образующихся осколков деления.

Инициирование такой сложной цепочки ядерных превращений осуществляется пучками нейтронов или протонов, падающих на мишень, окруженную подкритической средой (бланкет), в которой происходит умножение нейтронов и в которой, собственно, и происходит крупномасштабное выделение энергии, интенсивный захват нейтронов радиоактивными ядрами топливного цикла, помещенных в подкритическую систему, приводящий к переводу их в короткоживущие или стабильные, а в случае размещения стабильных изотопов и производство источников ионизирующего излучения за счет реакций поглощения нейтронов или за счет реакций расщепления (n, xp, yp), (p, xp, yp, za).

Основной особенностью предлагаемого способа производства энергии является развитие и образование нуклон-мезонного каскада в размножающейся среде под действием ускоренных до высоких энергий заряженных частиц, формирование высоких потоков нейтронов и осуществление крупномасштабного деления ядер Th, U, Pu, Np, Am.

Основная цель работы — создание действующей модели электроядерной установки и проведение на ней в последующие годы широкой программы научно-технических исследований, необходимых для создания полномасштабных электроядерных и трансмутационных установок промышленного назначения. Конечная цель — создание нового поколения безопасных и безотходных мини АЭС.

Прототипом создаваемых в будущем мини АЭС является установка «Ялина-Д», установленная на пучке протонов фазотрона ОИЯИ с энергией 660 МэВ, рис.2.



Рис. 2. Подготовка установки «Ялина-Д» к облучению на пучке протонов 660 МэВ

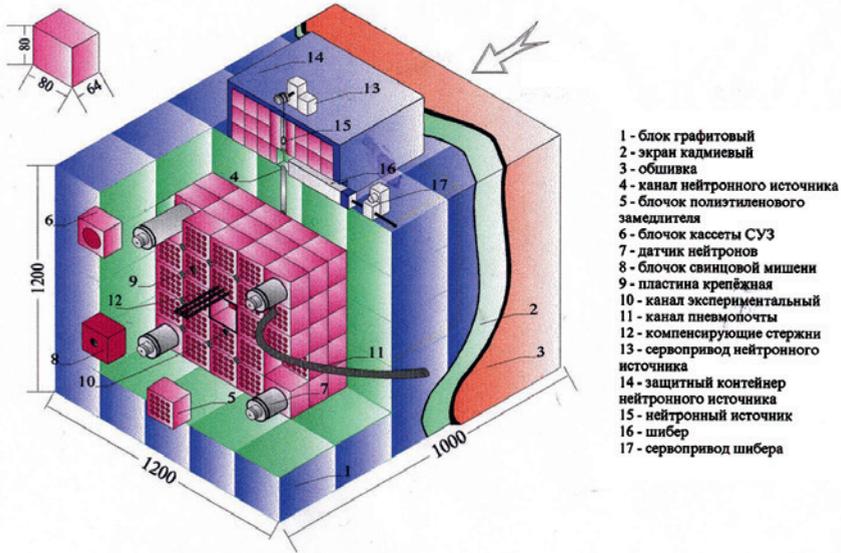


Рис. 3. Уран-полиэтиленая подкритическая сборка «Ялина-Д»

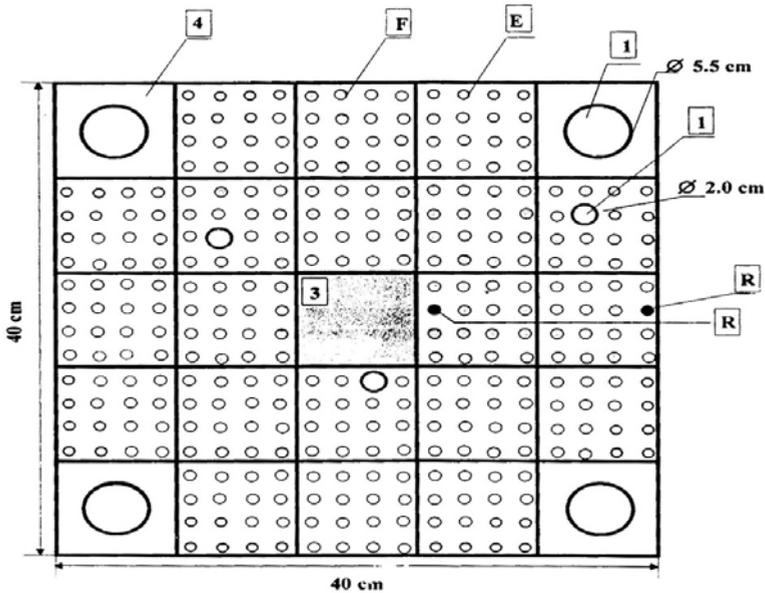


Рис. 4. Центр подкритической сборки [12].

1. Экспериментальные каналы; 2. Каналы для мониторингирования нейтронного потока; 3. Каналы для размещения; 4. Каналы для стержней компенсации; 5. Нейтронопроизводящая мишень.

Уран — полиэтиленовая подкритическая сборка (максимальный коэффициент умножения $K_{\text{eff}} \approx 0,975$) представляет собой (рис.2,3,4) куб с ребром 120 см.

Сборка собирается из кубиков полиэтилена с готовыми каналами, для установки ТВЭлов, расположенных в прямоугольной решетке с шагом равным 20 мм. В центре сборки размещается нейтронопроизводящая мишень Рb (80 мм × 80 мм × 580 мм). В активной зоне подкритической системы предусмотрены экспериментальные каналы \varnothing 20мм для размещения мишеней (в том числе и радиоактивных) и каналы для мониторинга плотности потока нейтронов.

В настоящее время электроядерные установки, с различным уровнем тепловой мощности, проектируются и уже близки к началу строительства в нескольких странах, Японии[3], Испания, Франция и др.

Главным достоинством электроядерных установок, прототипов мини АЭС, является их безопасность и безотходность. С выключением пучка заряженных частиц, падающих на мишень, прекращается ядерная реакция. Для обеспечения надлежащего уровня безопасности были учтены все предыдущие чрезвычайные ситуации с ядерными установками. В такой конфигурации защиты взрыв и выброс радиоактивных веществ невозможен, а наработка ОЯТ минимизирована. Создана специальная биозащита, которая полностью исключает проникновение каких-либо ионизирующих излучений за пределы бетонного корпуса установки. Многократный запас прочности предусматривает сейсмоустойчивость при землетрясении силой до 7 баллов по шкале Рихтера. После включения источника нейтронов радиоактивный фон за пределами установки не повышается.

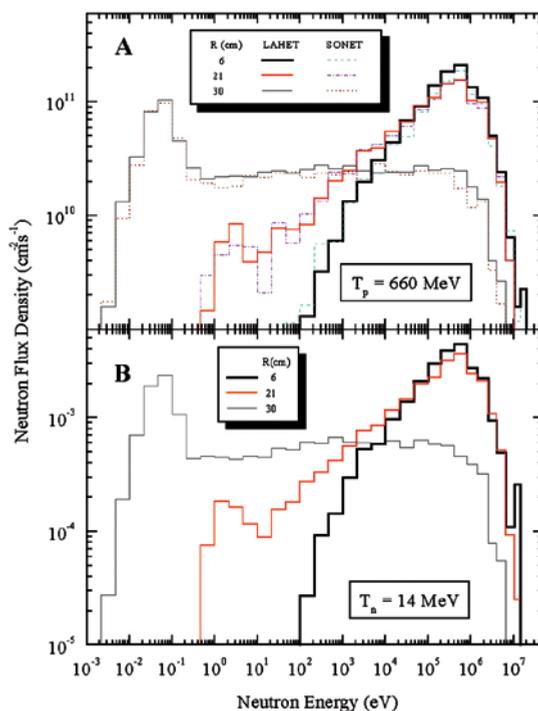


Рис. 5. Спектр тепловых нейтронов

На рис.5. [19] приведены экспериментальные и расчетные данные энергии тепловых нейтронов, вылетающих при облучении мишеней из свинца протонами с энергией 660 МэВ и нейтронами с энергией 14,5 МэВ. Как видно из рисунка спектры вторичных нейтронов, вылетающих из свинцовой мишени, не зависят от энергии протонов и нейтронов различных энергий. В наших экспериментах спектры вылетающих нейтронов подобны при облучении мишеней из свинца протонами с энергией 660 МэВ и нейтронами 14,5 МэВ. Расчеты по программам LANET[] и SONET[] хорошо согласуются с полученными нами экспериментальными данными. Из результатов экспериментальных данных следует очень существенный вывод: спектры вторичных нейтронов, вылетающих из свинцовой мишени для стимуляции и оживления не работающих ТВЭЛов не зависят от пучков частиц, облучаемых мишень (от 10 ГэВ до 14,5 МэВ). Этот факт нами доказан в экспериментах на пучках протонов синхроциклотрона 10 ГэВ, нуклотрона

4,5 ГэВ/п на пучках протонов фазотрона 660 МэВ и пучках нейтронов 14,5 МэВ.

Для получения генерирующих нейтронов в бланкетах мини АЭС нужны небольшие нейтронные генераторы рис.6.

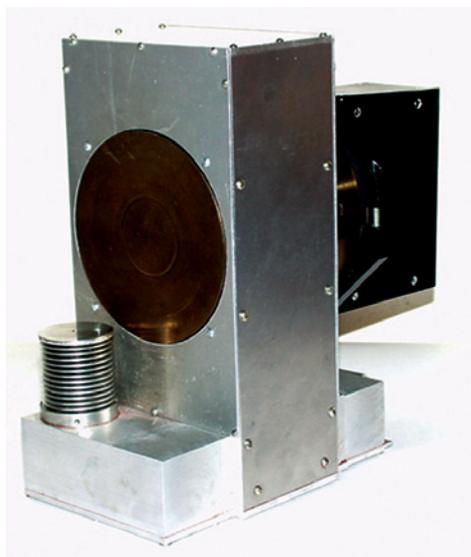


Рис. 6. Нейтронный генератор

Например разработка ВНИИА им.Духова. Интенсивность создаваемого нейтронного потока $3 \times 10^{10} \text{ n/s}$. Масса нейтронного генератора — 8кг. Энергия нейтронов 14,5 МэВ (dt-реакция) линейный размер — 300мм.

Будут также использованы элементы реакторов на базе уже используемых в подводных лодках.

Для повышения эффективности процесса, скорости и равномерности выгорания делящихся материалов облучение быстрыми нейтронами под-

критической системы ведётся двумя внешними источниками с двух сторон системы. Ядерные материалы окружают графитом.

В качестве доказательства достижения равномерного по аксиальному направлению (вдоль оси OZ) выгорания делящегося материала приведена схема по двухстороннему облучению подкритической системы быстрыми нейтронами [18].

Подкритическая система с коэффициентом размножения $K=0,98$ облучалась быстрыми нейтронами с энергией $E_n=3,1$ МэВ. Нейтроны генерировались генератором нейтронов $НГ-121$. Поток испущенных нейтронов составлял $A_1=1 \times 10^8$ нейтрон/с. Длина активной зоны сборки составляет 50 см. «Точка» рождения нейтронов генератором НГ – 121 имеет координату $z = -10$ см.

Прототипы мини АЭС более удобны в эксплуатации, безопасны и, в отличие от используемых сегодня АЭС, не несут той гигантской разрушительной силы и заражения окружающей среды радиоактивностью

Для повышения эффективности процесса, скорости и равномерности выгорания делящихся материалов облучение быстрыми нейтронами подкритической системы ведётся двумя внешними источниками с двух сторон системы. Ядерные материалы окружают графитом.

В качестве доказательства достижения равномерного по аксиальному направлению (вдоль оси OZ) выгорания делящегося материала приведена схема по двухстороннему облучению подкритической системы быстрыми нейтронами [18].

Подкритическая система с коэффициентом размножения $K=0,98$ облучалась быстрыми нейтронами с энергией $E_n=3,1$ МэВ. Нейтроны генерировались генератором нейтронов $НГ-121$. Поток испущенных нейтронов составлял $A_1=1 \times 10^8$ нейтрон/с. Длина активной зоны сборки составляет 50 см. «Точка» рождения нейтронов генератором НГ – 121 имеет координату $z = -10$ см.

Распределение плотности потока медленных нейтронов в активной зоне вдоль оси OZ , измерено активационным методом. В качестве второго источника нейтронов использовался ^{252}Cf , имеющий поток нейтронов $A_2=2 \times 10^7$ нейтрон/с. Источник располагался на оси OZ в точке с координатой $Z=45$ см [9]. Из результатов следует, что плотность потока нейтронов вдоль оси OZ в активной зоне подкритической системы становится почти постоянной. Среднее отклонение плотности потока очник нейтронов и, соответственно, выгорание делящегося топлива в диапазоне $Z=48$ см не превышает 5%.

Распределение плотности потока медленных нейтронов в активной зоне вдоль оси OZ , измерено активационным методом. В качестве второго источника нейтронов использовался ^{252}Cf , имеющий поток нейтронов $A_2=2 \times 10^7$ нейтрон/с. Источник располагался на оси OZ в точке с координатой $Z=45$ см [9]. Из результатов следует, что плотность потока нейтронов вдоль оси OZ в активной зоне подкритической системы становится почти посто-

янной. Среднее отклонение плотности потока использовался ^{252}Cf , имеющий поток нейтронов $A_2 = 2 \times 10^7$ нейтрон/с. Источник нейтронов и, соответственно, выгорание делящегося топлива в диапазоне $Z = 48$ см не превышает 5%.

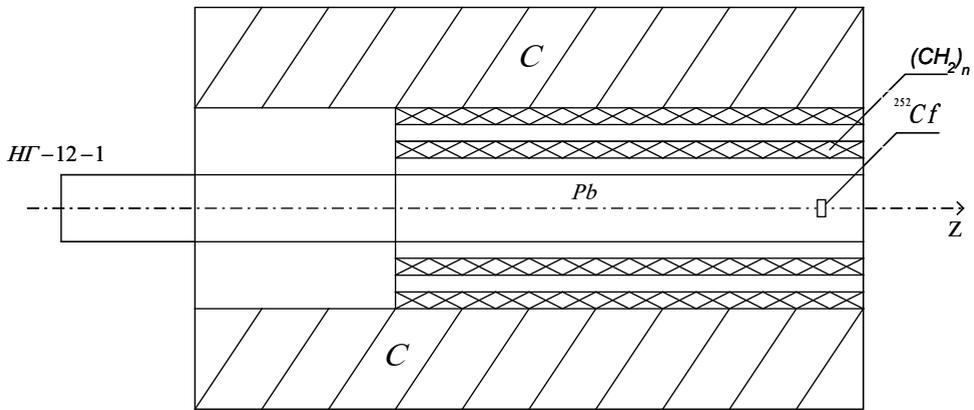


Рис. 7. Схема эксперимента по двухстороннему облучению подкритической системы быстрыми нейтронами

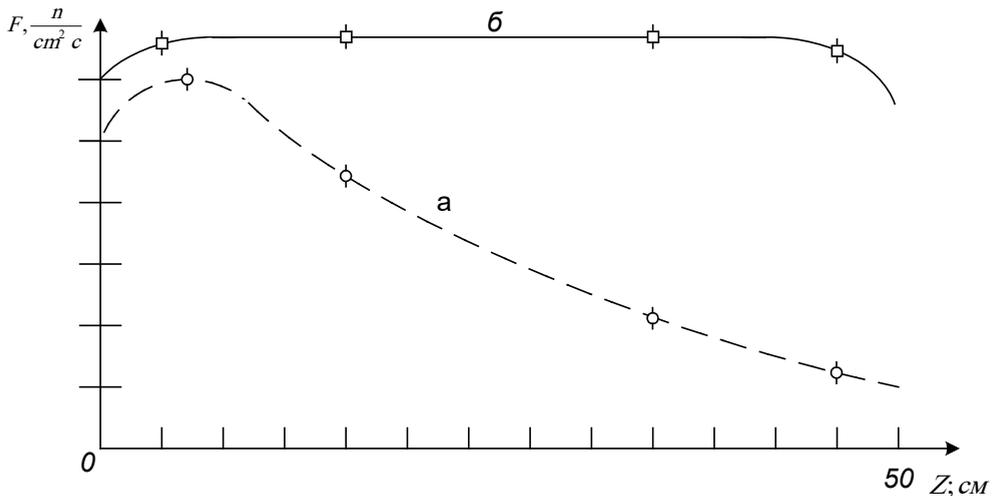


Рис. 8. Функция плотности потока медленных нейтронов вдоль оси Z :

a – источник нейтронов;

б - два источника нейтронов НГ-121и ^{252}Cf

Приведенные выше экспериментальные данные свидетельствуют о том, что «остывшие» ТВЭЛы, в которых процесс деления урана-235 или МОХ топлива или урана-238 прекратился возможно «оживить», т.е. снова вызвать процесс их деления дополнительно созданным пучком нейтронов, вылетающих из мишени либо Pb, Ta, W+Pb, расположенной в центре бланкета.

Кроме того, эта мишень должна облучаться, как мы видим из графика рис.6., обязательно с двух сторон любым источником нейтронов с интенсивностью не менее 10^{12} нейтронов в секунду.

Если провести модернизацию ныне действующих АЭС, поставив в бланкеты всех станций нейтронопроизводящие мишени из любого элемента с большим A , например свинец, и облучать эту мишень источником нейтронов с потоком 10^{13} нейтронов в секунду, то уже не потребуется извлекать ТВЭлы из бланкетов АЭС, (это очень сложная задача вывода гигантской радиоактивности из бланкета). «Остывшие» не работающие до этого момента ТВЭлы начнут работать снова. Эта модернизация станет главной задачей будущего развития ядерной энергетики.

Наряду с этим в статье рассматриваются прорывные технологии, где решаются глобальные задачи в качестве топлива на новых мини АЭС использовать вместо урана-235 (0,7%) отвалы урана-238 (94%).

Эти научные достижения способны обеспечить страну доступной, дешевой электроэнергией на многие десятилетия при дефиците и дороговизне урана-235, а также изменением цен на нефть.

Таким образом доказывается возможность создания локальных подкритических систем — мини АЭС, управляемых пучками заряженных частиц с интенсивностью 10^{13} нейтронов в секунду с коэффициентом использования ТВЭлов в этих электростанциях до 50% и выше. Создание нового поколения безопасных и безотходных мини АЭС позволит переработать более 70% ОЯТ (облученного ядерного топлива, т.е. снятых с АЭС ТВЭлов мирового рынка, в том числе и российских АЭС).

Следует также отметить, что с учетом всей энергетической цепочки производства и потребления электричества АЭС дают выход CO_2 в 50–100 раз меньше по сравнению с современными энергетическими цепочками углеводородного топлива.

Переход к концепции развития небольших АЭС (30КВт — 100МВт) станет прорывом в атомной энергетике, поскольку они более удобны в эксплуатации, безопасны и, в отличие от используемых сегодня АЭС, не несут той гигантской разрушительной силы в случае аварий (Чернобыль, Фукусима).

Такие АЭС можно размещать вблизи поселков, воинских гарнизонов, деревень и даже крупных городов. Такие АЭС можно размещать на судах или на 5–6 осных платформах или мазах и доставлять их в нужное место. В программе их создания рассмотрен вопрос пролонгированных, снятых с АЭС отработанных ТВЭлов, так называемого облученного ядерного топлива (ОЯТ). Выработка ТВЭлов в новой конструкции может быть не 5%, а 95%. Производство электроэнергии таких АЭС будет в сотни раз дешевле, чем на действующих сегодня АЭС.

Известно, что в 31 стране мира эксплуатируется 470 ядерных энергоблоков и еще 53 строится. Например, Япония подтвердила строительство 20 новых ядерных энергоблоков, Китай наметил к 2020 году довести суммарную

мощность до 50ГВт. Россия ведёт строительство АЭС в Иране, Индии, Белоруссии. Все атомные электростанции мира производят 377 ГВт электроэнергии. Большинство энергоблоков, находящихся в эксплуатации, необходимо модернизировать.

Особенно актуально применение небольших АЭС для Антарктиды, Арктики и трудно доступных горных районов. Для развития и освоения северных районов, полярных станций России сейчас просто необходимы небольшие, автономные АЭС.

Все выше изложенное свидетельствует не только об огромном экономическом эффекте, но и об экологическом аспекте исследуемой проблемы. Финансовая выгода от вложения средств в это направление будет огромна, нужны финансовые вложения только на первом этапе создания малых АЭС.

Во время проведения выставки «Армия 2017» в СМИ появилась информация о возможности частных инвестиций в инновационные проекты в интересах МО РФ в части создания ядерных энергоисточников для объектов, располагаемых в Арктической зоне России. В настоящее время готовится партия малых энергетических установок мини АЭС.

Освоение Арктики на современном этапе требует принципиально нового подхода к созданию ядерных энергоисточников. Особенности климатических условий приводят к необходимости поиска решений по выбору типа установок в формате новых технических концепций, учитывающих практически постоянно отрицательную температуру окружающей среду в течении года и отсутствие водных источников для снятия остаточного тепла термодинамического цикла. Экономические и эксплуатационные аспекты будущих установок должны базироваться на принципах максимальной заводской готовности и практически полного исключения строительных работ на месте дислокации объектов. Начальные работы по созданию этих установок уже выполнены и свидетельствуют о целесообразности дальнейшего продолжения работ.

Литература:

1. *Durpel L. Van Den et al.* The ADONIS-project: an accelerator driven operated sub-critical system. The Eighth International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems. ICENES'96. June 24–28, 1996, Obninsk, Russia, Institute of Physics and Power Engineering. Proceedings, vol.2, 526–532.
2. *Rubbia C.* CERN Concept of ADS. Feasibility and motivation for hybrid concepts for nuclear energy generation and transmutation. IAEA-TC-903.3 Proceedings of the International Atomic Energy Agency Technical Committee Meeting. Madrid, Spain, 17–19 September 1997. 1998. Ciemat pp. 26–171.
3. *Takizuka T., Sasa T., Tsujimoto K.* Hybrid System concepts for nuclear waste transmutation. Ibid., 345–356, 1997.
4. *Shvedov O. V., Vasiliev V. V. et al.* Safety System for Subcritical Blanket driven by Pulsed Accelerator. The Eighth International Conference on Emerging Nuclear

- Energy Systems. ICENES'96. June 24–28, 1996, Obninsk, Russia, Institute of Physics and Power Engineering. Proceedings, vol.2, 534–540
5. *Gusev B.* Automatic Technological lines for production of precast concrete 2 -nd Enlarged edition. Izhevsk, KIT, 2015, 72 p.
 6. *Gusev B.* Advanced technologies in precast concrete manufacture. 2-nd Enlarged edition, Izhevsk, 2015, 187 p.
 7. *Jenn-Chuan* Chern Sustainable Public Infrastructure and Carbon Reduction. Department of Civil Engineering National Taiwan University, Taipei, 2015, 10 p.
 8. *Rubbia C., Rubio J. O., Buono S.* et al. Conceptual design of a fast neutron operated high power energy amplifier. — IAEA-TECDOC-985, 1997, p. 187–312.
 9. *Бутцев В. С., Чигринов С. Е. и др.* Бустерная подкритическая сборка, управляемая генератором нейтронов: Препринт ОИЭЯИ-14. — Минск, 2004. 31 с.
 10. *Shvetsov V. N., et al.,* "Construction of the subcritical combined neutron spectra driven by proton accelerator at protons energy 660 Mev for experiments on long lived fission products and minor actinides transmutation», ISTC application, JINR Preprint E1–2000–307, Dubna, 2000.
 11. *Шелаев И. А., Балдин А. М., Малахов А. И., Лангрок Э. Ю.,* Ускоритель и реактор, Письма в ЭЧАЯ, №6 (103) — 2000.
 12. *Arkhipkin D. A., Buttsev V. S., Sissakian A. N., et al.* Neutron spectra emitted from the lead target irradiated by 660 MeV protons. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 505 (2003) 397.
 13. *Buttsev V. S., Brandt R, et all,* Transmutation of radioact. waste with the help of relativistic heavy ions. Preprint JINR, E1-57-211, Dubna, 1997, Kerntechnik, Vol.26, 1998.
 14. *Buttsev V. S., Brandt R, et all,* Emission of relativistic heavy fragments at wide angles from the interaction of 58 Gev O-16 ions copper target, Radiation measurement, Vol.29, 1998
 15. *Buttsev V. S., Sissakian A. N., et all,* Research programme For the 660 MeV Proton accelerator Driven MOX-Plutonium Subcritical assembly, "Topical Conference on Plutonium and Actinides" Plutonium Futures- The Science, Santa Fe, New Mexico, USA 2000. AIP Conference Proceedings 532, Melville, New York, Preprint JINR, E1–200–64, 2000.
 16. *Buttsev V. S., Sissakian A. N., et all,* Neutron Spectra emitted From the Lead Target Irradiated by the 660 MeV protons. Proceedings of the tenth Symposium on radiation Measurements and Applications, Ann-Arbor, 2002, MI, USA, North-Holland Nuclear Instruments and Methods in Physics Research-A, vol 505, 2003.
 17. *Buttsev V. S., Chigrinov S. E., et all,* Research of the neutron spectrum subcritical assembly with MOX –Fuel, Proceedings of the IX Int. Nucleus-Nucleus Conf. Rio Brazil, 2006.
 18. *Бутцев В. С., Марцынкевич Б. С., Чигринов С. Е. и др.,* Особенности формирования нейтронных полей в системах «НЕЙТРОНОПРОИЗВОДЯЩАЯ МИШЕНЬ — ЗАМЕДЛИТЕЛЬ», Облучаемых частицами высоких энергий, PROBLEMS OF ATOMIC SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2005, № 6, Series: Nuclear Physics Investigations (45), p.101–105.

19. *Buttsev V. S., Chigrinov C. E., Polanski A., Sissakian A. N.* RESEARCH OF THE NEUTRON SPECTRA ON SUBCRITICAL ASSEMBLY WITH MOX FUEL, int. Nucleus-Nucleus Conf.-August 28-September 31.2006 — Rio — Brazil, with Mox fuel 4. 1 стр 1.
20. *Бутцев В. С., Косырев В. Е., Павлов А. А.*, Системный мониторинг гомеостаза антропогенных и природных факторов, Электронное научное издание «Устойчивое развитие: проектирование и управление», том 12, №1(30), 2016, с.2–12.
21. *Воробьев В. М.* Разработка плавучих атомных станций, Электронная библиотека ИСТОРИЯ РОСАТОМА, История малой атомной энергетики вып.5—2004—154—168
22. *В. С. Бутцев.* Наше время. — М.: Издательство «Академика», 2016.

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

ENGINEERING PROJECTS AND BUSINESS VALUATION IN MODERN CONDITIONS

Трифонов Н. Ю.,

*Представительство МИА в Республике Беларусь,
Совет объединений оценщиков Евразии, г. Минск
guild@unibel.by*

Dr. Nikolai Yu. Trifonov, FRICS

Аннотация. Для оценки уникальных объектов, таких как предприятия или инженерные инвестиционные проекты, всё чаще определяются потребительные стоимости. В основу ложится доходный подход, связывающий доходы объекта и риски их неполучения. Описаны последние достижения подхода: учёт переменности ставки капитализации во времени и уточнённые формулы метода накопления рисков, ранее неизвестные в мировой практике.

Abstract. For enterprises or engineering investment projects, when valuating, it is more often the types of value in use are determined. The calculations are based on the income approach, linking the future incomes of the asset under valuation and the risks of not receiving them. The article describes the latest advances in calculating techniques previously unknown in world practice, covering the variability of the capitalization rate over time and refined formulas for the risk build-up method.

Ключевые слова: оценочная деятельность, пользовательская стоимость, доходный подход, метод накопления рисков, приведенный поток платежей, переменная ставка капитализации.

Keywords: appraisal, property and business valuation, values in use, user value, income approach, build-up method, discounted cash flow, variable cap rate, market value.

Проблемы выбора вида стоимости в процессе оценки недавно исследовались в [1]. Как отражено в стандартах оценки [2–3 и др.], стоимость является расчётной денежной суммой. Это означает, что *величина стоимости не существует до посчёта оценщиком* [4, с. 19]. В экономике [5] виды стоимости делятся на два класса: меновые и потребительные стоимости.

До финансовых кризисов начала века оценщики часто использовали одну из меновых стоимостей — *рыночную* (англ. *market value*) [6]. Было предложено использовать для расчёта максимум доступных подходов к оценке [7], что было включено в МСО [2, с.41].

В основе рыночной стоимости лежит ряд предположений: 1) объект оценки, то есть товар на рынке, считается однородным и взаимозаменяемым (биржевой товар, стоимость которого пропорциональна его количеству, такой как нефть и т.п.), 2) рынок считается открытым, т.е. нет препятствий правового, финансового или иного характера для появления на нём новых покупателей и продавцов или ухода с него, 3) рынок конкурентен, т.е. участников столь много, что никакой отдельный не владеет достаточно большой долей рынка, 4) участники осведомлены и расчётливы, 5) цены на рынке относительно стабильны.

Очевидно, что ни на каком реальном рынке эти предположения не могут быть выполнены полностью. Поэтому представление о том, что рыночная стоимость — это стоимость объекта оценки в его наилучшем использовании, изменилось [8], особенно на постсоциалистическом пространстве, где был вопрос: «Как определять рыночную стоимость в отсутствии рынка?» В ответ появилось понятие *рыночной стоимости в текущем использовании*, когда оценивается стоимость объекта в существующем состоянии.

Всемирные финансовые кризисы усилили внимание к оценке капитальных объектов с использованием потребительных видов стоимости в противовес меновым (в первую очередь рыночной) [9]. Среди потребительных традиционной является *инвестиционная стоимость* (англ. *investment value*). Представляет собой стоимость объекта для использования в инвестиционных (хозяйственных) целях его собственника. Отражает выгоды, получаемые от конкретного способа владения объектом оценки, поэтому не связана с рынком. МСФО [10] дают рекомендацию по определению её величины: это приведенная стоимость будущих потоков денежных средств от продолжающегося использования актива и от его выбытия в конце полезного использования. Неявно предполагается текущее использование актива.

Именно различие между инвестиционной стоимостью объекта оценки и его рыночной стоимостью побуждают выходить на рынок. Чтобы глубже выявить это различие, *предложено* рассматривать объект оценки не в существующем использовании, а в использовании, обеспечивающем его максимальную стоимость. Этот вид стоимости получил название *пользовательская стоимость* (англ. *user value*). Пользовательская стоимость объекта оценки — это текущая стоимость будущих доходов при наилучшем использовании [11—12]. Различие между инвестиционной и пользовательской стоимостями такое же, как между рыночной стоимостью в текущем использовании и рыночной стоимостью: во вторых членах пар объекты рассматриваются в их наилучшем использовании.

Рассчитывая потребительные стоимости, оценщик естественным образом опирается лишь на доходный подход. Суть доходного подхода заключается в преобразовании будущих доходов от объекта оценки (или экономии расходов) в текущее значение стоимости. При расчётах доходным подходом традиционно различают *метод прямой капитализации* (англ. *direct capitali-*

zation) и метод приведённого потока платежей, ППП (англ. *discounted cash flow, DCF*). Первым по времени был метод прямой капитализации, которым оценщики пользовались ещё в XIX в. [13]. Хотя он является частным случаем метода ППП (см., напр., [2, с.51]), но на практике иногда используются обособленно. Потому будут рассмотрены достижения оценки последних лет в описании и технике этих методов поочерёдно.

В основе прямой капитализации лежит формула вечной ренты [4, 9, 14], связывающая стоимость капитала V с приносимым неопределенно долго ежегодным доходом I :

$$V = \frac{I}{R} \quad (1)$$

в которой R представляет собой ставку капитализации на рынке актива или норму доходности от инвестиции V . Усовершенствование метода было связано с эмпирическим добавлением в знаменатель (1) слагаемого, описывающего возмещение капитала с учётом обесценивания объекта [14]: методом Инвуда, методом Ринга и методом Хоскольда [13].

В работе [15] эти три метода были объединены в единую формулу, учитывающую также и ускоренное обесценивание, характерное, например, для сферы высоких технологий. Предполагалось, что создается фиктивный фонд, равный обесцениванию $V-S$ (где S — остаточная стоимость объекта в конце жизни в n лет). При использовании фонда возмещения получено следующее фундаментальное равенство для величины стоимости актива:

$$V = \frac{I}{R + D \cdot s(n; I)} \quad (2)$$

Здесь D — доля обесценивания объекта оценки за время его экономической жизни

$$D = \frac{V - S}{V}$$

а множитель возмещения (англ. *sinking fund factor*) определяется как [4, 14]

$$s(n; i) = i / [(1+i)^n - 1].$$

При равенстве ставки фонда рыночной $i=R$ и отсутствия остаточной стоимости $S=0$ формула (2) упрощается и описывает метод Инвуда, предельный переход $i \rightarrow 0$ при $S=0$ даёт метод Ринга, а при ставке фонда равной безрисковой $i=R_0$ и $S=0$ — метод Хоскольда.

При использовании в качестве накопительного фонда обесценивания фонд амортизации [16] формула, аналогичная (2), примет вид:

$$V = \frac{I}{R + D \cdot r(n; I)} \quad (3)$$

Здесь $r(n;i)$ представляет собой множитель амортизации (ипотечную постоянную) [4]:

$$r(n;I) = \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \quad (4)$$

В пределе $i \rightarrow 0$ и при $S=0$ формула (3) переходит в выражение для метода Ринга.

Таким образом, были *получены общие формулы стоимости доходного объекта методом прямой капитализации* как для объектов с замедленным обесцениванием во времени (2), характерным, например, для недвижимости, так и для объектов с ускоренным обесцениванием (3), характерным, например, для сферы высоких технологий. Также было показано, что при использовании любого формализма прямой капитализации принципиально важен учет остаточной стоимости объекта оценки, всегда присутствующей на практике, но часто опускающийся в расчётах (особенно бухгалтерских)..

В прошлом веке в расчётах стоимости доходным подходом прямая капитализация была дополнена *методом приведённого потока платежей*, ППП [17–18]. При появлении метод считался сложным из-за большого количества исходных данных и вычислений. При этом для упрощения расчётов, относящихся к разным годам прогноза, использовалось единое значение ставки приведения. В таком виде метод рекомендовался к использованию и по сей день:

$$V = \sum_{t=1}^n I_t / (1+R)^t, \quad (4)$$

где V – текущая стоимость объекта оценки, I_t – величина t -го текущего (обычно годового) чистого дохода, при этом I_n включает в себя стоимость V_n объекта в конце прогнозного срока (стоимость возврата капитала), R – ставка приведения, n – номер последнего периода (года).

С развитием вычислительной техники стало возможным применение различных величин ставки капитализации в (4). Из-за различия рисков доходной деятельности естественно использовать различные величины соответствующих им ставок капитализации. Напр., использовать одной ставки для приведения чистого потока платежей, а другой — для приведения конечного возврата капитала [9]. Кроме того, значение ставки приведения в общем случае должно меняться со временем, с одной стороны, из-за изменения общеэкономической ситуации, с другой, из-за изменения состояния объекта оценки (напр., [4]). Примером последнего может быть проект развития инженерного объекта, когда, по мере перехода со временем денежных средств в материальные активы, риски инвестирования (и ставка капитализации) должны уменьшаться.

В [19] были получены точная формула метода ППП для дискретного потока платежей:

$$V = \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{\prod_{j=1}^t (1+R_j)} + \frac{V_n}{\prod_{t=1}^n (1+r_t)} \quad (5)$$

В (5) R_j — ставка приведения в течение j -го периода (года) для периодического платежа, r_t — ставка приведения в течение t -го периода (года) для конечного возврата капитала.

Впервые были получены формулы для метода ППП в предположении генерации объектом потоков дискретного, гнпрерывного и дискретно-непрерывного характера.

В приведенных выше выражениях расчёта стоимости присутствует процентная *ставка капитализации* (англ. *cap rate*) R , обычно определяемая как отношение чистого годового дохода некоторого актива (реального или проектируемого) к его рыночной стоимости.

Наиболее применяемым для расчёта ставки капитализации является *метод накопления* финансовых рисков. В его интерпретации во всём мире использовались неточные формулы. Уточнение было дано в [20], что и легло в основу дальнейшего изложения материала.

Связь между риском и доходностью была известна давно. Напр., в китайском языке понятие «риск» записывается двумя иероглифами, первый из которых означает опасность, а второй — удачу. В Российской империи бытовала поговорка «Кто не рискует, тот не пьет шампанского!». В середине прошлого века эти мысли были формализованы в расчётах доходности акции на рынке ценных бумаг [21–23] созданием модели цены финансовых вложений (англ. *capital asset price model, CAPM*) и модели арбитражного ценообразования (англ. *arbitrage pricing model, APM*), которые носили строгий логический характер, а их параметры основывались на статистических данных биржевой торговли. Позже для использования при оценке предприятий, чьи акции не котируются на биржах, был предложен эмпирический «метод накопления рисков» [24]. В нём *без надлежащего статистического обоснования* ставку капитализации R было предложено записывать в виде суммы:

$$R = R_0 + R', \quad (6)$$

где R' — премия за риск (риски), слагающаяся из процентных ставок, относящихся к рискам, вызываемым экономическими факторами, связанными с активом и его окружением.

Заданная эмпирическим выражением (6) связь между величинами является приближённой. В [20] для них было записано уравнение доходностей [17], имеющее вид:

$$1 + R = (1 + R_0)(1 + R'), \quad (7)$$

откуда следует точная формула, отличающаяся от неточной традиционной (6) обычно пренебрегаемым членом R_0R' , который может внести в итог значительную поправку.

При этом *конкретные значения премий*, относящихся к вышеотмеченным рискам *будут зависеть от выбранной валюты оценки* (см., напр., [20, 25]). Также, в соответствии с заданием на оценку, в этих значениях должна учитываться или не учитываться инфляция.

Величина безрисковой ставки R_0 определяется с помощью доходности по застрахованным от риска ценным бумагам. При наиболее популярных расчётах в долларах США безрисковую ставку следует искать в статистике ФРС США. Для этого надо выбирать ценные бумаги со сроком жизни, сравнимым со сроком жизни оцениваемого объекта.

Для расчёта величины **премии за риски** в (7) в неё надо включить риски, связанные с объектом оценки. Для правильного использования метода накопления **надо выбирать** лишь **риски, независимые друг от друга**. В свое время автором была предложена [26] классификация поправок на риски. Соответствующее выражение (четырёхпараметрическая формула Трифонова) содержит исчерпывающий набор независимых друг от друга рисков:

$$R = (1 + R_0)(1 + R_c)(1 + R_b)(1 + r_s) - 1. \quad (8)$$

Здесь R_c – страновой риск, R_b – отраслевой риск, r_s – поправка на объектный риск.

Премия за страновой риск R_c (англ. *country risk premium, CRP*) — это риск инвестирования средств в стране, связанный с потерей активов из-за действия факторов общеэкономического, финансового и социально-политического характера, независимых от объекта оценки. Наличие в формуле (8) премии за страновой риск R_c предполагает, что оценка производится в иностранной валюте, значит, и безрисковая ставка выбрана по отношению к этой денежной единице. Т.е., объект оценки находится в стране, которая не эмитирует выбранную для оценки валюту. Страновой риск можно интерпретировать, как межстрановую разницу инвестиционной доходности валюты оценки.

Автор с 2004 г. ежемесячно рассчитывает страновой риск Республики Беларусь, публикуя в бюллетене Белорусского общества оценщиков. С появлением государственных облигаций, торгуемых на международных площадках (еврооблигаций), в основу полагаются сведения об их доходности R_{pr} (по данным агентства Bloomberg), предоставляемые в рамках сотрудничества Министерством финансов Республики Беларусь. Данные дают представление об отношении к инвестициям, агрегирующее все виды риска, включённого в страновой.

Поскольку риск рассчитывается по доллару США, то в используются также сведения по текущей доходности долговременных казначейских обязательств правительства США. Срок жизни этих обязательств выбирается сравнимым со сроком жизни обязательств исследуемой страны (в случае Беларуси — 15 лет). Используется выражение [20], имеющее следующий вид:

$$R_c = (1 + R_{pr}) / (1 + R_0) - 1. \quad (9)$$

В декабре 2020 г. страновой риск Беларуси составил 5,1%. Для сравнения, рассчитанная аналогично по (9) премия за страновой риск России (по доходности 30-летних еврооблигаций с погашением в 2047 году) была равной 1,4%, Украины — 3,2%, Таджикистана — 9,7%.

Премия за отраслевой риск R_b — это премия за риск, или доходность, деятельности, связанной с оцениваемым активом. Величина отраслевого риска при оценке недвижимости, предприятий и связанных с ними инвестиционных инженерных проектов колеблется в зависимости от отрасли и обычно не превышает половины величины странового риска R_c .

Если в отрасли присутствует статистически достаточное количество n предприятий, котирующих свои акции на бирже, для определения отраслевого риска предложено [20] использовать отмеченный выше метод цены финансовых вложений (САРМ) в виде:

$$R_b = \beta (R_m - R_0),$$

причём множитель β рассчитывать как среднее множителей референтных предприятий:

$$\beta = \sum \sigma_{im} / (n\sigma_m^2).$$

Здесь i — текущий номер референтного предприятия, $i = 1, 2, \dots, n$.

Поправка на объектный риск r_s связана с объектом оценки (или инвестиционным инженерным проектом) и зависит от его физических характеристик и управления. Обычно она не превышает величины половины отраслевого риска [25]. Поправка на объектный риск учитывает отличие объекта оценки от среднеотраслевого и может быть положительной (если показатели объекта оценки ниже среднеотраслевых) или отрицательной (если объект оценки лучше среднеотраслевого). У типичного для отрасли объекта объектный риск отсутствует.

При оценке объекта в *местной денежной единице* (в валюте страны нахождения объекта оценки, например, при оценке в Беларуси в белорусских рублях или в России в российских рублях) страновой риск по определению отсутствует, и формула (11) для ставки капитализации упрощается на один сомножитель:

$$R = (1 + R_0)(1 + R_b)(1 + r_s) - 1. \quad (10)$$

Это выражение (10) называется трёхпараметрической формулой Трифонова. Значение безрисковой ставки следует определять, исходя из наименее рискованных альтернативных денежных вложений в национальной денежной единице внутри страны. Это могут быть долгосрочные государственные облигации, номинированные в национальной валюте.

Список литературы

1. Трифонов Н. Ю. Эволюция понятия «стоимость» в современной оценочной деятельности // Экономические стратегии. 2020. № 4. С. 96–103. <https://doi.org/10.33917/es-4.170.2020.96-103>.
2. Международные стандарты оценки. Пер. с англ. М.: РОО, 2020. 182 с.
3. Евразийские стандарты оценки стоимости 2014. Мн.: СОО Евразии, 2014. 12 с.

4. *Трифонов Н. Ю.* Теория оценки стоимости. Мн.: Вышэйшая школа, 2017. 208 с.
5. *Dobb M.* Theories of value and distribution since Adam Smith. Ideology and economic theory. Cambr.: Cambridge University Press, 1973. 295 p.
6. *Horsley G. J.* Market value: the sacred cow // Journal of Property Valuation & Investment. 1992. Vol.10. № 4. P. 694–700.
7. *Трифонов Н. Ю.* Оценка в странах переходной экономики // Бухгалтерский учет и анализ. 1998. № 8. С. 33–36.
8. *Киннард В.* Новое мышление в теории оценки недвижимого имущества // Вопросы оценки. 2008. № 1. С. 2–9.
9. *Сейс С., Смит Дж., Купер Р., Венмор-Роуланд П.* Оценка недвижимого имущества: от стоимости к ценности. Пер. с англ. М.: РОО, 2009. 504с.
10. Международный стандарт финансовой отчетности (IFRS) 5 «Долгосрочные активы, предназначенные для продажи, и прекращенная деятельность».
11. *Trifonov N.* Modern condition: market value or user value? // Book of Abstracts and Programme. 17th Annual European Real Estate Society conf. Mil.: Bocconi Univ., 2010. P. 218.
12. *Трифонов Н. Ю.* Оценка собственности: рыночная и пользовательская стоимость Докл. Нац. акад. наук Беларуси. 2011. Т. 55. № 1. С. 118–121.
13. *Fuhrer M.* Our old friend Hoskold // The Appraisal Journal. 1944. Jan. P. 50–51.
14. *Фридман Дж., Ордуэй Н.* Анализ и оценка приносящей доход недвижимости. Пер. с англ. М.: Дело Лтд, 1995. 480 с.
15. *Трифонов Н. Ю.* Метод прямой капитализации с ускоренным возвратом капитала // Вопросы оценки. 2013. № 4. С. 38–41.
16. *Трифонов Н. Ю.* Метод описания ускоренного износа объектов оценки // Вопросы оценки. 2013. № 3. С. 39–41.
17. *Fisher I.* The Theory of Interest: As determined by impatience to spend income and opportunity to invest it. N. Y.: Macmillan, 1930. <http://www.econlib.org/Library/YPDBooks/Fisher/fshToI.html>.
18. *Solomon E.* The arithmetic of capital budgeting decisions // The Journal of Business. 1956. April. № 29. P. 124–129.
19. *Трифонов Н. Ю.* Точная формула метода приведенного потока платежей в доходном подходе // Вопросы оценки. 2019. № 3. С. 50–52.
20. *Трифонов Н. Ю.* Развитие метода накопления рисков для расчета ставки капитализации // Экономическая наука современной России. 2021. № 1. С. 7–14. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-1\(92\)-7-14](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-1(92)-7-14).
21. *Sharp W. F.* Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk // Journal of Finance. 1964. Vol.19. № 3. P. 425–442.
22. *Lintner J.* The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets // Review of Economics and Statistics. 1965. Vol. 47. № 1. P. 13–37.
23. *Ross S. A.* The arbitrage theory of capital asset pricing // Journal of Economic Theory. 1976. Vol.13. № 3. P. 341–360.

ЦИФРОВОЙ ПОМОЩНИК ДЕВЕЛОПЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

DIGITAL ASSISTANT TO THE DEVELOPMENT

Болдырев И. А.,

*Центр смарт-технологий ЦТТК,
Новосибирский государственный университет,
i.boldyrev@nsu.ru*

Ваганова А. И.,

*Факультет информационных технологий,
Новосибирский государственный университет,
a.vaganova1@g.nsu.ru*

Пальчунов Д. Е.,

*Факультет информационных технологий,
Новосибирский государственный университет
Лаборатория теории вычислимости и прикладной логики,
Институт математики им. С.Л. Соболева,*

Boldyrev I. A.,

*Center for Smart Technologies CTTC Novosibirsk State University,
i.boldyrev@nsu.ru*

Vaganova A. I.,

*Faculty of Information Technologies, Novosibirsk State University,
a.vaganova1@g.nsu.ru*

Palchunov D. E.

*Laboratory of Computability Theory and Applied Logic,
Sobolev Institute of Mathematics,
palch@math.nsc.ru*

Аннотация. В статье обсуждается проблема цифровизации девелоперской деятельности в России, приводятся примеры успешного применения цифровых технологий для повышения автоматизации процессов строительства и продажи недвижимости. Для решения поставленных задач предлагается использование цифровых двойников бизнес-процессов, основанных на предметно-ориентированных языках.

Abstract. The article discusses the problem of digitalization of development activities in Russia, provides examples of the successful use of digital technologies to increase the automation of construction and real estate sales processes. To solve the

set tasks, it is proposed to use digital twins of business processes based on domain-specific languages.

Ключевые слова: девелоперская деятельность, цифровизация, цифровые двойники, моделирование бизнес-процессов.

Key words: development activities, digitalization, digital twins, business process modeling.

Цифровизация девелоперской деятельности позволит увеличить эффективность работы отрасли, снизит сроки строительства и повысит качество самих проектов.

Сейчас все расчеты выполненных работ с подрядчиками фактически идут вручную, такой подход отнимет много времени, а сами компании-подрядчики получают оплату в лучшем случае раз в месяц. Цифровизация позволит ускорить эту процедуру, в результате чего девелопер сможет платить подрядчикам чаще или оплачивать работу частями. Последние, за счет этого смогут нанимать на стройку рабочих более высокой квалификации и не замораживать оборотные средства. В среднем расчет сметы на одном крупном проекте может занимать два месяца, после оцифровки время расчета уменьшится в разы. Компания сможет за счет автоматизации информации по некачественным работам не допустить на тендеры подрядчиков, производящих результат с большим количеством брака. Это тоже экономит время, так как замена подрядчика тормозит стройку.

Современные технологии позволяют оцифровать практически весь процесс девелопмента — от выбора перспективной площадки для нового проекта и получения разрешения на строительство до контроля подрядчиков и непосредственно продаж новостроек. Степень цифровизации, а значит, прозрачности растет на рынке недвижимости с каждым годом. Вместе с ней повышаются эффективность управления проектами, скорость и качество строительства.

В России должно быть создано единое цифровое пространство строительной отрасли, доступное органам власти, подрядчикам, государственным и частным заказчикам — на текущий момент этот подход обсуждают в Министерстве строительства. В такую систему необходимо интегрировать все государственные и частные платформы, существующие в стране.

Существует перспективный опыт Москвы, где взаимодействие девелоперов с властями давно происходит онлайн. С момента получения градостроительного плана земельного участка все услуги застройщик получает в электронном виде и у каждой существует регламентный срок исполнения.

В частности, на портале mos.ru [1] работают личные кабинеты застройщиков для обмена документами, подачи заявлений и запросов. Сейчас заявления на получение разрешений на строительство подаются через личные кабинеты. На рассмотрение заявок уходит в среднем 12 дней, в планах — снизить этот срок до пяти дней. Ранее, в бумажном виде эти процедуры занимали до полугода.

Цифровые решения не только упрощают процесс взаимодействия застройщиков с инстанциями, но и оптимизируют бизнес: с большим объемом задач справляется меньшее количество человек.

Цифровые технологии работают на снижение себестоимости проектов, сокращают время проектирования и строительства, исключая коллизии на площадках. Например, использование так называемого информационного моделирования здания (BIM — Building Information Model), в основе которого лежит проектирование строительного объекта как единого целого, позволяет снижать сроки инвестиционной фазы проекта до 40%, а срок самого строительства — до 15-30%, это существенно повышает рентабельность строительных компаний.

Цифровизация строительной площадки девелоперской компании проходит, как правило, по трем направлениям: сроки, стоимость работ и качество. Например, с помощью технологий компьютерного видения компания может вести учет машино-времени и количества рабочих, контролировать безопасность на стройплощадке. Существует потребность в программном обеспечении для ежедневной оптимизации заданий для рабочих по отделке и инженерным работам. Подобные инициативы способствуют уменьшению трудозатрат на 25–30% и сокращению сроков работ на 1,5 месяца в среднем по объекту.

Цифровые технологии позволяют выстроить прозрачные и оперативные коммуникации как внутри компании, так и с партнерами. Мобильное приложение «Стройконтроль» можно устанавливать на телефоны и планшеты сотрудников подрядных организаций для контроля их деятельности. С помощью приложения инженеры при обходе могут отмечать сроки выполнения и качество работ, формировать акты. Эта информация может поступать в общую систему, что позволяет оперативно корректировать производственную программу, а также оплачивать счета подрядчиков.

Также представляет интерес создание электронной торговой площадки, где могут проводиться все торги на строительно-монтажные работы, закупка материалов, осуществляться переход на электронный документооборот с партнерами. Такая площадка может быть интегрирована с другими внутренними системами и позволит, например, транслировать рейтинги поставщиков и подрядчиков из систем контроля строительства сразу на тендерные процедуры. Также она станет базой знаний по стандартам компании. Это позволит осуществить полную прозрачность во взаимоотношениях с партнерами.

Инструменты цифровых коммуникаций в работе с партнерами и клиентами позволяют существенно оптимизировать временные затраты на многие непроизводственные задачи. К таким инструментам можно отнести: системы электронной коммерции (e-commerce) для онлайн-покупок, интерактивные мобильные приложения для визуализации и моделирования интерьеров, просмотра декоров и мебели в интерьере. Внедрение системы маркировки продукции QR-кодами позволит выходить на интернет-страницу с описаниями и интерьерными фотографиями товаров.

В связи с пандемией и связанными с ней ограничительными мерами в России возросла потребность в онлайн-инструментах по продаже новостроек.

Уже сейчас вся цепочка продажи квартир — от формирования предложения до оплаты — возможна в онлайн, без визитов в офис. Так, по статистике группы «Самолет», 50.5% покупателей новостроек используют как минимум четыре шага по заключению сделки в онлайн: бронирование квартиры, одобрение ипотечного кредита, «конструктор договоров» (инструмент для составления проектов договоров), электронная регистрация договора.

Девелоперы развивают направление партнерских продаж, автоматизируют процесс работы с агентствами. Такие платформы позволяют риелторам подобрать подходящий запросам вариант, сформировать персональную презентацию, забронировать квартиру, апартаменты, парковочное место или кладовую, пройти обучение. При разработке сервиса были учтены потребности риелторов — в частности, личный кабинет позволяет зафиксировать покупателя за конкретным агентством. Группа «Самолет» разработала данную платформу, за первый месяц работы к сервису присоединилось уже более 60 агентств, два десятка готовится к подключению. В планах — масштабирование сервиса в регионах России.

Цифровые технологии «Самолета» доступны клиентам компании и после покупки квартир. Так, жители могут воспользоваться сервисами управляющей компании через смартфон, пользоваться тревожной кнопкой во дворе, общаться, оплачивать услуги парковки и ЖКУ [2].

В условиях пандемии онлайн-сервисы стали спасательным кругом и на рынке коммерческой недвижимости. Например, электронная площадка для проведения аукционов по коммерческой недвижимости группы «Самолет», помогает сделать процесс приобретения коммерческой недвижимости более прозрачным, а продажи — открытыми.

Для участия в аукционе нужно зарегистрироваться на площадке и внести обеспечительный платеж. Торги проводятся открыто и отталкиваются от базисной цены лота с пошаговым повышением цены. Побеждает участник, сделавший наибольшую ставку на момент окончания аукциона. С помощью электронной площадки также можно приобрести нежилое помещение онлайн [3].

В ближайшее десятилетие российская строительная отрасль сосредоточится на ускорении коммуникаций между участниками строительного рынка за счет цифровых решений и платформ, доля дистанционных сервисов будет расти. Россия находится только в середине пути в области цифровизации строительства, на данный момент по всему миру вкладываются огромные средства в цифровые решения для строительной отрасли, и можно ожидать, что в ближайшем будущем все этапы строительного процесса будут цифровизированы.

Одним из подходов к решению поставленных в данной статье задач может стать использование цифровых двойников в девелоперской отрасли.

Цифровые двойники (ЦД) — молодая, но активно используемая в цифровой экономике концепция, основная идея которой заключается в представлении любого производственного объекта или системы в двух пространствах: физического и виртуального. Физическое пространство включает в себя сам объект или систему, а также связанные с ним процессы или другие объекты. Виртуальное пространство содержит в себе информацию о физической системе объекта. Пространства непрерывно, в режиме реального времени, обмениваются информацией на протяжении всего жизненного цикла системы [4, 5].

По определению создателя данной концепции, профессора Майкла Гривса (Michael Grieves), цифровые двойники — это представление физического объекта или системы в виртуальном формате, в режиме реального времени, на протяжении всего жизненного цикла объекта или системы, и это представление полностью описывает проектируемый или существующий объект [6].

Поначалу цифровые двойники получили распространение для решения промышленных задач, таких как тестирование, оптимизация режимов функционирования, внедрение новых решений, полученных в ходе проектирования и производства продукции, прогнозирование поведения, валидация и верификация [7-10]. Но на текущий момент возрос интерес к созданию цифровых двойников бизнес-процессов для моделирования различных сценариев, тестирования процессов при изменении условий, разработки эффективных методик управления и производства [10].

Чтобы создать модель бизнес-процесса необходимо воспользоваться информацией, получаемой из информационных систем предприятий, на ее основе описать знания о предметной области, смоделировать регламенты и роли, которые участвуют в процессах. Сложность данного подхода заключается в непрерывном изменении процессов. Рассматривая девелоперскую деятельность, можно заметить, что изменению могут подвергаться полномочия и ответственности, регламенты, источники ресурсов, действия на любом этапе девелоперского процесса. В такой ситуации существующие системы моделирования можно назвать негибкими, не отвечающими требованиям цифровых двойников, которые должны отображать представление системы в режиме реального времени.

Для решения данной проблемы можно использовать семантические предметно-ориентированные языки (sDSL, semantic domain-specific languages). Такие языки позволяют декларативно описывать знания о предметной области и имплементировать эти знания в исполняемый код. Используется концепция семантического моделирования: задаются спецификации на семантическом языке, которые в дальнейшем будут автоматически исполнены и/или преобразованы в работающий код [11].

Основанные на таком подходе методы создания спецификаций упрощают процесс заполнения баз знаний из различных источников. Появляется возможность построения шаблонов для поиска информации или информационных систем для извлечения и обработки знаний о предметных областях [11, 12]. Также существенно повышается гибкость системы, использующей семантические предметно-ориентированные языки — декларативное описание системы легко дополняется и изменяется, повышается эффективность его использования.

Для реализации идей sDSL и создания предметно-ориентированных языков рекомендуется использовать язык d0sl [12]. Предметно-ориентированные языки (domain-specific languages, DSL) специализируются для области применения, отражают специфику области и решаемых задач. Если использовать такие языки для создания цифровых двойников бизнес-процессов, то с их помощью можно описывать предметную область и создавать бизнес-правила, которые являются набором условий, управляющими деловым событием.

Предметная область описывается на языке d0sl в виде правил, записанных при помощи предикатов (декларативных спецификаций). В теле предиката можно обращаться к внешним типам данных и реализациям функций, реализованных на языке, совместимом с Java Virtual Machine.

Для формального описания цифрового двойника используется язык логики предикатов первого порядка. Применяются бескванторные формулы сигнатуры, состоящей из символов предикатов и констант. Такие бескванторные формулы могут автоматически преобразовываться в Δ_0 -формулы и затем транслироваться в спецификации на языке d0sl [11].

Бизнес-процессы включают в себя роли — это совокупность компетенций, обладая которой участник бизнес-процесса может выполнять свои функции. Роль имеет определенный уровень знаний о предметной области, права доступа к информационным системам бизнеса и знаниям из них, связывается с должностью, имеет положение в структуре управления предприятием и место в иерархии принятия решений [13].

При создании цифрового двойника роли как части цифрового двойника бизнес-процесса необходимо указать компетенции и знания оригинала, его права на доступ к данным и на принятие решений. На основе данной информации строится модель роли и формально описывается на языке d0sl [11, 12]. Результат моделирования на языке d0sl транслируется в исполняемый код.

Следует соблюдать принцип равенства набора обязанностей, ответственностей роли с набором её полномочий. Автоматизировать проверку такого тождества можно, если использовать для представления цифрового двойника роли Description Logics (DL) и язык OWL, который позволяет использовать ризонеры, такие как FaCT++, Hermit, Pellet, RACER, и другие [14]. Ризо-

неры являются средствами логического вывода и позволяют проверять выполнения условий, записанных средствами SWRL [15].

Основными бизнес-процессами в девелоперской деятельности являются участие в конкурентных процедурах, закупки материально-технических ресурсов, организационно-технологическая подготовка производства, управление строительно-монтажными работами, мобилизация ресурсов на объекты строительства, выполнение строительно-монтажных работ, сдача объекта заказчику. Каждый из процессов сопровождается большим объемом документации, и такие процессы часто подвержены изменению правил и инструкций.

Цифровой двойник роли, участвующей в таком документообороте, должен иметь возможность быстрого реагирования на изменения бизнес-процессов и бизнес-правил. Чтобы добиться этого, используется предметно-ориентированный язык *d0sl*, позволяющий задавать новые спецификации, отображающие новые требования, которые будут преобразованы в работающий код.

Также с помощью использования *d0sl* в моделировании цифрового двойника роли можно построить семантическую поисковую сеть, позволяющую оперативно предоставлять знания о процессах и регламентах для дальнейшего использования. На основе такой сети возможно создание системы поддержки принятия решений.

Литература

1. Официальный сайт Мэра Москвы // <https://www.mos.ru/>
2. *Филатов А.* Группа «Самолет» потратит 8 млрд рублей на цифровизацию бизнеса // 2021. <https://www.vedomosti.ru/realty/articles/2021/03/10/860797-gruppa-samolet>
3. *Снегирева Н.* Цифровой девелопмент: тренд на прозрачность // 2020. <https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2020/12/28/852204-tsifrovoy-development>
4. *Grievess M.* Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication // Whitepaper. 2014. P. 1–7.
5. *Боровков А. И., Рябов Ю. А., Кукушкин К. В., Марусева В. М., Кулемин В. Ю.* Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК // Вестник Восточно-Сибирской открытой Академии. 2018. Т. 1. С. 6–22.
6. *Grievess M.* Virtually intelligent product systems: digital and physical twins // Complex Systems Engineering: Theory and Practice. 2019. P. 175–200.
7. *Bécue A., Maia E., Feeken L., Borchers P., Praça I.* A New Concept of Digital Twin Supporting Optimization and Resilience of Factories of the Future // Applied Sciences. 2020.
8. *Grievess M.* Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises // International Journal of Product Development. 2005. V 2. P. 71–84.
9. *Bhattacharyya A., Izgi E.* Digital Twin Technologies for High-Performance Manufacturing // IBM. 2018.

10. *Palchunov D., Vaganova A.* Methods for Developing Digital Twins of Roles Based on Semantic Domain-Specific Languages, to appear.
11. *Gumirov V.S., Matyukov P.Y., Palchunov D.E.* Semantic Domain-specific Languages // 2019 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). 2019. P.0955-0960.
12. d0SL: Delta Zero Semantic Language // <https://d0sl.org/en/>
13. *Ляндау Ю. В., Черницова К. А., Тайдакова Н. Р.* Функциональное и процессное управление // Микроэкономика. 2012 №2. С. 206.
14. *Khamparia A., Pandey B.* Comprehensive analysis of Semantic web reasoners and tool: A survey // Education and Information technologies. Springer. 2017. P. 1–25.
15. *de Farias T. M., Roxin A., Nicolle C.* SWRL rule-selection methodology for ontology interoperability // Data & Knowledge Engineering. 2016. V. 105, P. 53–72.

ЛИКВИДАЦИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ЭФФЕКТИВНОЙ ОЧИСТКОЙ ВОДЫ

LIQUIDATION OF SPILLS OF PETROLEUM PRODUCTS WITH EFFICIENT WATER PURIFICATION

Богомолов О. В., Кузин В. Ф.,

*ООО Инженерная компания «ИНТЕРБЛОК», г. Москва,
Российская Инженерная Академия, г. Москва
o.bogomolov@interblock.ru, VFKuzin@mail.ru*

Bogomolov O. V., Kuzin V. F.,

*Engineering company InterBlok LLC, Moscow,
Russian Engineering Academy, Moscow
o.bogomolov@interblock.ru, VFKuzin@mail.ru*

Аннотация. На базе парогенераторов, производимых ООО Инженерной компанией «ИНТЕРБЛОК» предложена инновационная технология ликвидации аварийных разливов нефти в экстремальных природно-климатических условиях и в акватории Северного Ледовитого океана. Описан автоматизированный ледоплавильный комплекс, его технические характеристики и принцип работы. Показана эффективность применения АЛПК ИНТЕРБЛОК по сравнению с другими методами ликвидации аварийных разливов нефти на ледовой и водной поверхности.

Abstract. On the basis of steam generators produced by LLC Engineering Company Interblock, an innovative technology of eliminating emergency oil spills in the conditions of the Far North is proposed. An automated ice position is described, its technical characteristics and principle of operation. The effectiveness of the use of AISC INTERBLOCKS on comparison with other methods of eliminating emergency oil spills on the ice and water surface.

Ключевые слова. Парогенератор ИНТЕРБЛОК, автоматизированный ледоплавильный комплекс (АЛПК) с функцией разделения нефтепродуктов и воды, ликвидация аварийных разливов нефтепродуктов в акватории Крайнего Севера.

Keywords. INTERBLOCK steam generator, automated ice splash complex (AISC) with the function of separating petroleum products and water, eliminating emergency spills of petroleum products in the water area of the Far North.

Защита окружающей среды от вредного воздействия при разливах нефти и нефтепродуктов в процессе её добычи, хранения и транспортировки является одним из важнейших экологических требований. Особенно велика

вероятность техногенных аварий в экстремальных природно-климатических условиях и в акватории Северного Ледовитого океана. Быстрая и качественная ликвидация последствий нефтяных разливов в условиях полярной ночи, низких температур воздуха, дрейфа льда, сильных ветров является сложной инженерной задачей. Мировой опыт показывает, что даже в более простых природно-климатических условиях пока не удаётся эффективно бороться с последствиями таких разливов.

Применяемые в настоящее время способы ликвидации разливов нефти — механический, химический, термический, не обеспечивают выполнение современных требований стандартов очистки и могут наносить значительный ущерб природным ресурсам, а привлечение для этих целей технических средств различного назначения, включая суда вспомогательного назначения, обуславливают высокую стоимость этих работ.

Группа компаний «ИНТЕРБЛОК» в составе в составе инженерной компании «ИНТЕРБЛОК» (ИНН 7734396510) и производственной компании «ИНТЕРБЛОК-Техно» (ИНН 3128073142) является разработчиком и производителем промышленных парогенераторов и инновационных технологий на их основе. Инновационные разработки защищены патентами. [1, 2, 3]. Построено более 260 энергетических объектов различного назначения. Постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2015 года № 600 промышленные парогенераторы ИнтерБлок включены в класс технологий высокой энергетической эффективности.

В качестве топлива для парогенераторов могут использоваться природный газ, СУГ, газоконденсат, керосин, лёгкая нефть или дизельное топливо. Технология не требует дымовых труб. Обеспечивается мгновенная подача пара — выход на рабочий режим через 15 секунд после включения установки. Диапазон рабочих температур пара на выходе парогенератора 100–200°C, давление пара не превышает 0,5 бар. Нагрев воды на технологические нужды или отопление происходит в ёмкости атмосферного типа непосредственной подачей пара через перфорированные трубы. Температура нагретой воды до 80°C. Парогенераторы комплектуются простыми системами умягчения воды. Высокая эффективность парогенератора связана с тем, что составляющими его тепловой мощности являются теплота сгорания топлива и теплота конденсации воды, образующейся при термохимической реакции сгорания топлива.

Дальнейшим развитием функциональных возможностей оборудования ИНТЕРБЛОК явилось разработка энергонезависимых промышленных парогенераторов [4]. Они предназначены для применения в качестве источника тепловой энергии в ходе аварийно-спасательных работ, при ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на ледовой или водной поверхности. Для их функционирования не требуется внешнее электропитание. Уникальной особенностью является их способность работать как на пресной, так и на морской воде, они могут устанавливаться на открытом воз-

духе, на необорудованных в инженерном отношении площадках, на морских и речных судах и платформах.

В целях оперативной ликвидации последствий техногенных аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов на ледовой, заснеженной поверхности или водных акваториях, нами Инженерной компанией ИНТЕРБЛОК разработан автоматизированный ледоплавильный комплекс (АЛПК «ИНТЕРБЛОК»), не имеющий аналогов в мире. [5, 6]. Новизна технологии заключается в применении способа скоростного плавления загрязнённого льда или нагрева загрязнённой воды и эффективной очистке воды от нефтяных загрязнений.

Основными функциями АЛПК «ИНТЕРБЛОК» являются:

- сбор, накопление и плавление загрязнённого льда/нагрев загрязнённой воды, собранных в ходе ликвидации аварийного разлива нефтепродуктов;
- эффективное отделение воды из образовавшейся при плавлении загрязнённого льда водонефтяной эмульсии;

АЛПК «ИНТЕРБЛОК» является изделием полной заводской готовности, его технические средства размещаются в стандартном 20-футовом контейнере, состоит из трёх отсеков:

- приёмного,
- технологического,
- сепараторного.

Приёмный отсек предназначен для приёма и плавления льда/нагрева воды, загрязнённых нефтепродуктами. Отсек состоит из загрузочного бункера специальной конструкции рабочим объёмом 10 м³. Конструкция загрузочного бункера рассчитана для эксплуатации в условиях повышенной влажности, солёности и максимальных механических ударных нагрузок. Изготовлен из нержавеющей стали, с усиленными стенками. Бункер оборудован подвижной крышкой. Система паропроводов обеспечивает приём пара из технологического отсека, плавление загрязнённого льда/воды и получение водонефтяной эмульсии.

Технологический отсек предназначен для производства технологического пара и обеспечения эффективного плавления льда/воды в приёмном отсеке, загрязнённых нефтепродуктами. В отсеке размещается парогенератор ИНТЕРБЛОК ST-102Н тепловой мощностью 290 кВт, патент № 181138.

Сепараторный отсек предназначен для разрушения водонефтяных эмульсий и очистке отделившейся воды от нефтепродуктов методом волновой обработки (воздействия постоянным магнитным полем) и озонирования.

Производительность АЛПК «ИНТЕРБЛОК» по очистке ледовой поверхности от нефтяных загрязнений около 200 м³ в сутки, очистке водной поверхности — около 400 м³ в сутки. Содержание нефтяных загрязнений в очищенной воде не превышает 1–3 мг/дм³.

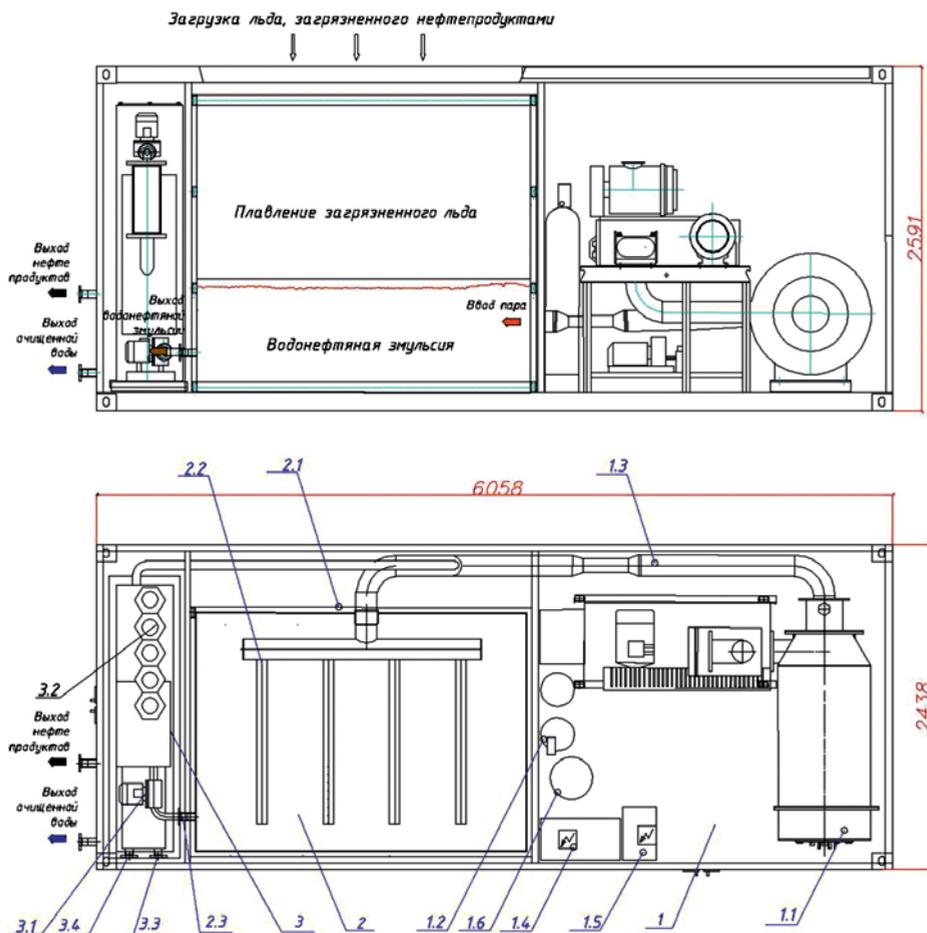


Рис. 1. Технологическая схема АЛПК «ИНТЕРБЛОК»

Алгоритм функционирования АЛПК «ИНТЕРБЛОК»

Контейнер АЛПК устанавливается на палубе аварийно-спасательной службы или на берегу. Ликвидация последствий нефтяного разлива начинается с загрузки загрязнённого льда или закачки загрязнённой воды в загрузочный бункер ледоплавильного отсека. Парогенератор ИНТЕРБЛОК вырабатывает пар и подаёт его через греющие регистры в загрузочный бункер, где происходит быстрое плавление льда или нагрев загрязнённой воды. В результате плавления загрязнённого льда в ледоплавильном отсеке образовывается водонефтяная эмульсия, которая подаётся в отсек сепарации для отделения нефтепродуктов от воды. Скорость плавления льда в загрузочном бункере объёмом 10 м³ и очистки воды — около 1 часа. После обработки отделённые нефтепродукты и очищенная вода с помощью насосной станции подаются в соответствующие судовые танки.

Применение перспективных комплексов АЛПК «ИНТЕРБЛОК» способно существенно повысить оперативность и качество работ по ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на водной и ледовой поверхности.



Рис. 2. Комплекс ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на палубе аварийно-спасательного судна (слева)

Список литературы

1. *Богомолов О. В., Малышев А. А.* Способ тепловлажностной обработки бетонных изделий. Патент № 2591217, Кл. МПК: С04В 40/02.20.07.2016.
2. *Богомолов О. В. и др.* Способ получения теплоносителя для тепловлажностной обработки бетонных и железобетонных изделий. Патент №2598667, Кл. МПК: В28В 11/24. 27.09.2016.
3. *Богомолов О. В. и др.* Парогенератор. Патент на полезную модель. №181138, Кл. МПК: F22В 1/24, 05.07.2018.
4. *Богомолов О. В. Гаврильчук В.А.* Промышленные парогенераторы ИНТЕРБЛОК с расширенными функциональными возможностями. Сфера нефть и газ, 2020, № 6, С.92.
5. *Богомолов О. В. Малышев А. А.* Автоматизированный ледоплавильный комплекс «ИНТЕРБЛОК» с функцией разделения нефти и воды. Бурение и нефть, 2017, №6, С.26.
6. *Богомолов О. В. и др.* Способ очистки льдин/снега от нефтяных загрязнений и ледоплавильный комплекс для его реализации. Патент №2643271, Кл. МПК E01Н5/10, 31.01.2018.

**СОВМЕЩЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦВЕТНОЙ
И ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

**COMBINED TECHNOLOGIES OF NON-FERROUS
AND FERROUS METALLURGY**

Шевко В. М.,

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан,
Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, Шымкент
shevkovm@mail.ru*

Жарменов А. А.,

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан,
Национальный центр комплексной переработки минерального сырья
Республики Казахстан, Казахстан, Алматы,
jarmen56@mail.ru*

Айткулов Д. К.,

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан,
Национальный центр комплексной переработки минерального сырья
Республики Казахстан, Казахстан, Алматы,
aitkulov_dk@mail.ru*

Бадикова А. Д.,

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан,
Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, Шымкент,
sunstroke_91@mail.ru*

Shevko V. M.,

*M.Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, Shymkent,
shevkovm@mail.ru*

Zharmenov A. A.,

*National Center on complex processing of mineral raw materials of the Republic
of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty,
jarmen56@mail.ru*

Aitkulov D. K.,

*National Center on complex processing of mineral raw materials of the Republic
of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty,
aitkulov_dk@mail.ru*

Badikova A. D.,

*M.Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, Shymkent,
sunstroke_91@mail.ru*

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований комплексной переработкой электроплавкой оксидных цинковых руд, с совмещением одновременного получения в печном агрегате нескольких видов продукции. Из кремнистых руд месторождений Шалкия и Жайрем получен ферросилиций марок ФС25, ФС45 и цинковые возгоны 60–65% ZnO. Из карбонатных руд месторождений Шаймерден и Ачисай получен ферросплав, содержащий 38-50% Si, карбид кальция I и высшего сорта и возгоны 44–70%Zn. Технология позволяет повысить уровень комплексного использования сырья в 2,8 раза.

Abstract. The results of the researches of complex electro-smelting processing of oxide zinc ores, with the combination of simultaneous production of several types of products in the furnace unit are given in the article. Ferrosilicon grades FS25, FS45 and zinc sublimates 60-65% ZnO was obtained from siliceous ores of the Shalkiya and Zhayrem deposits. From the carbonate ores of the Shaymerden and Achisay deposits, the ferroalloy was obtained containing 38-50% Si, calcium carbide I and the highest grade, and sublimates of 44-70% Zn. The technology allows increasing the level of complex use of raw materials by 2.8 times.

Ключевые слова: оксидные цинковые руды, электроплавка, ферросплав, карбид кальция, цинковые возгоны, комплексное использование сырья

Keywords: oxide zinc ores, electric smelting, ferroalloy, calcium carbide, zinc sublimates, complex use of raw materials

В период с 1920 по 2018гг. население Земли возросло от 1,86 до 7,63 млрд человек. С 1920 по 2018гг. металлофонд Земли увеличился на 25,9 млрд т. Объем металлофонда на одного жителя Земли постоянно возрастает. Сейчас на Земле добывается 300 млрд т полезных ископаемых в год, однако не более 1-10% массы добываемого сырья переходит в продукцию. Несмотря на многообразие природного сырья при его переработке необходимо придерживаться одного основополагающего принципа основанные на совмещении в одном печном агрегате одновременного получения нескольких видов продукции. Идеология этого принципа заключается в отказе от отраслевой принадлежности сырья. Любое сырье должно рассматриваться как сырье для производства не только основного продукта, но и сырья для выпуска продукции других отраслей. Причем технологии, основанные на новых технологических процессах, к категории которых относятся, например, технологии совместного получения нескольких видов продукции в одном печном агрегате. Несмотря на большой объем теоретических и прикладных исследований в области переработки оксидных цинковых руд, количество которых в Казахстане составляет несколько десятков млн т, проблема комплексной переработки их, в виду преимущественной ориентации работ на извлечение цветных металлов, до настоящего времени не решена и остается актуальной.

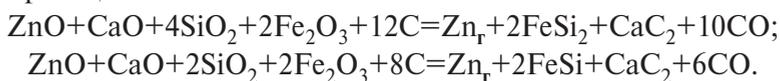
Нами, на основе принципа единого технологического сырья [1], разработаны теоретические основы и технологии комплексной переработки оксидных цинковых руд, посредством совмещения в одном печном агрегате одновременного получения нескольких видов продукции: цинковые концентраты и возгоны, ферросплавы, карбид кальция.

Оксидные руды месторождений Шалкия и Жайрем, с содержанием до 5% Zn, и 2,5% Pb, относятся к кремнистым, в которых содержание SiO₂ составляет 42–75%. Оксиды кремния, цинка и железа совместно могут быть восстановлены углеродом с получением цинка, силицидов железа, карбида кальция, например, по реакции: $ZnO+4SiO_2+Fe_2O_3+12C=Zn_r+2FeSi_2+12CO$; которая вероятна уже при 1290 °С.

Электроплавкой руд Жайрем и Шалкия найдено, что из руд возможно получение ферросилиция марок ФС20, ФС25, и ФС45. Степень перехода Zn в газовую фазу при этом составила 99,0–99,8%, свинца — до 99,6%. Экспериментально для плавки руд найдена связь между полезной мощностью печи ($P_{п}$) и полезным напряжением ($U_{п}$): $U_{п}=12,43 \cdot P_{п}^{0,25}$ [2,3,4].

В производственных условиях на НПФ «Казхиминвест» (г. Тараз) проведены испытания электроплавки руд Шалкия и Жайрем. При электроплавке степень извлечения Si в сплав составила 80,5–89,3%, Zn в возгоны 99,7%, Pb–99%. Полученный ферросплав содержал 20–43%Si, а возгоны —до 60–65%ZnO, 4–7% PbO. Расход электроэнергии на 1 т. ферросплава составил 3100–4820 кВт·ч [2, 3, 4]. На основании опытно–промышленных испытаний авторами совместно с ТОО «Таразский металлургический завод» разработаны технические условия на ферросилиций из руд Шалкия, Жайрем, составлено ТЭО, согласно которому прибыль при получении из руды 1т ферросплава марки ФС45 и Zn–Pb возгонов составит 51,5 тыс.тенге (цены 2009г.). Срок окупаемости технологии не более 3 лет.

Некоторые цинковые оксидные руды содержат значительное количество карбоната кальция (руда Ачисай до 43%, руда Шаймерден до 30%). Нами с реализацией принципа единого техенологического сырья была разработана не имеющая аналогов в мире технология извлечения из руд цинка в возгоны, кальция в карбид кальция и кремния в ферросплав. Основой способа являются реакции:



По результатам исследований влияния температуры и углерода на равновесную степень распределения кремния в кремнийсодержащие вещества следует, что при 20–38% углерода от массы руды образование FeSi происходит при 1300°С; Si–1400°С; Fe₃Si–1300°С [5, 6]. Построено геометрическое изображение извлечения кремния в сплав, и выявлена область, в котором α Si составляет 95,0–96,2%, т.е. при 2055–2100°С и количестве углерода 33–38% от массы руды. Из руды Шаймерден возможно получение ферросилиция марки ФС45 при 1800–2200°С и Fe13–17%, марки ФС25 при 1700–2200°С и Fe 14–31%. Экспериментально установлено, что цинк из руды заметно возгоняется при температуре более 1200°С, а практически полностью (99%) при температуре ≥ 1800°С. При 1900°С степень перехода Si в сплав за 60мин составляет 94,3, а Ca в карбид кальция–77% [2, 3, 7–9]. Переход Si в сплав и Ca в карбид сдерживаются кинетическими факторами и характеризуются

ся энергией активации для Si —412–499 кДж, а Ca 469–524 кДж. Отгонка Zn и Pb сдерживается масообменными явлениями.

Электроплавкой руды Шаймерден найдены оптимальные параметры получения карбида, ферросплава и отгонки цинка из руд [7, 10–13]. Видно, что содержание кремния в сплаве составляет 19,6–42%, а извлечение Si в сплав — 66,2–76,0%. Получаемый сплав относится к ферросилицию марок ФС20, ФС25 и ФС45. Литраж карбида кальция составляет 210–250 дм³/кг. Полученные возгоны содержат 66,42% Zn, что на 12–16% больше, чем в промышленных вельц–возгонах.

Укрупнено–лабораторными испытаниями установлено, что из руд Ачисай, Шаймерден образуются ферросплавы, содержащие до 38–50% Σ Si и Al, карбид кальция литражом до 320 дм³/кг и возгоны с содержанием 44–70% Zn. Степень извлечения кремния в сплав составила 84–89%, кальция в карбид кальция 78–83%, цинка в возгоны 91,1–99,8% [2, 3, 11].

При электроплавке кремнийсодержащего сырья нами было установлено, что введение в шихту карбида кальция позволяет увеличить степень извлечения кремния в сплав до 21% [14]. Это связано с тем, что карбид кальция обладает повышенной реакционной способностью в сравнении с углеродом при образовании силицидов железа.

Созданная технология переработки цинковых руд повышает в сравнении с вельцеванием коэффициент комплексного использования сырья по 5 элементам (Zn, Pb, Si, Ca, Fe) в 2,8раза (до 89%). При условной годовой переработке 100тыс.т руды Шаймерден прибыль составит 11,5 млрд тенге, а руды месторождений Ачисай — 6,1 млрд тенге.

Дополнительно для повышения чистоты ферросилиция предложено взамен стальной стружки использовать некондиционный ферросилиций (ФС15, ФС20, ФС25), получаемый при переработке высококремнистых полиметаллических руд [15]. Введение железа и кремния в восстановленном состоянии позволяет уменьшить расход электроэнергии, снизить расход углеродистого восстановителя.

Список литературы

1. Шевко В. М., Айткулов Д. К. Новые принципы переработки природного и техногенного сырья// Промышленность Казахстана. 2019. №3(107). С. 34.
2. Жарменов А. А., Терликбаева А. Ж., Буктуков Н. С., Шевко В. М., Абдибеков Н. К., Айткулов Д. К., Ананин А. И., Кушакова Л. Б., Шамганова Л. С. Новые технологии добычи и переработки труднообогатимого полиметаллического сырья. Алматы, 2019. 624 с.
3. Shevko V. M., Zharmenov A.A, Aitkulov D. K., Terlikbaeva A. Zh. Complex processing of oxidized copper and zinc oxide ores with simultaneous production of several products// Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2021. 57(1). P. 226.
4. Шевко В. М., Капсалямов Б. А., Бишимбаев В. К., Колесников А. С., Кармбаев С. К. Физико-химические основы и технология электротермической переработки необогатимых цинксодержащих руд. Шымкент: ЮКГУ, 2019. 229 с.

5. *Shevko V. M., Aytkulov D. K., Atamkulov B. B., Izbaskhanov K. S., Naimanbaev M. A.* Complex electrothermic processing of the poor oxide ore of the Achisay deposit // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2017. V. 4. № 424. p. 177.
6. *Shevko V. M., Karataeva G. E., Tuleev M. A., Badikova A. D., Amanov D. D., Abzhanova A. S.* Complex electrothermal processing of an oxide zinc-containing ore of the Shaymerden deposit// Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2018. 54(3). P. 955.
7. *Шевко В. М., Сержанов Г. М., Айткулов Д. К., Каратаева Г. Е., Тулеев М. А., Бадикова А. Д., Аманов Д. Д.* Комплексная технология переработки оксидных цинковых руд с получением ферросплавов, карбида кальция и цинкового концентрата. Шымкент, ЮКГУ им. М. О. Ауэзова, 2018. 208 с.
8. *Шевко В. М., Айткулов Д. К., Тулеев М. А., Каратаева Г. Е.* Кинетика извлечения из руды Шалкия кремния ферросплав, кальция в карбид кальция, цинка и свинца в возгоны// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10. С. 190.
9. *Шевко В. М., Каратаева Г. Е., Тулеев М. А., Лавров Б. А.* Кинетика извлечения кремния, кальция, цинка при плавке руды месторождения Ачисай// Известия СПбГТУ. 2018. № 43–69. С. 26.
10. *Шевко В. М., Каратаева Г. Е., Тулеев М. А., Аманов Д. Д., Бадикова А. Д., Мельник М. А., Ганиш Х. Ш.* Способ переработки оксидной Zn-Si-Ca-Fe руды электроплавкой. Патент на изобретение РК № 33175. Кл. МПК C22B 4/00, C22B5/106 C22B19/02, C22B5/16. 08.10.2018.
11. *Shevko V. M., Karataeva G. E., Badikova A. D., Tuleev M. A., Amanov D. D.* A Ferroalloy, Calcium Carbide and Zinc Sublimates, Production from the Achisay Deposit Ore (Complex tests)//Oriental journal of chemistry. 2018. V. 34(2). P. 1141.
12. *Шевко В. М., Сержанов Г. М., Бишимбаев В. К., Тулеев М. А.* Способ переработки оксидной цинксодержащей руды. Инновационный патент РК №26393. Кл. МПК C22B 19/04. 15.11.2012.
13. *Шевко В. М., Сержанов Г. М., Каратаева Г. Е., Утеева Р. А., Бадикова А. Д., Аманов Д. Д.* Способ получения ферросплава из оксидной Si-Fe-Zn содержащей руды. Патент РК на полезную модель №2654. Кл. МПК C22B 19/04.05.03.2018
14. *Шевко В. М., Айткулов Д. К., Бадикова А. Д., Каратаева Г. Е., Утеева Р. А., Аманов Д. Д.* Способ переработки оксидного Fe-Si-Ca-Al содержащего сырья. Патент на полезную модель №4400. Кл. МПК C22B 4/06. 29.10.2019.
15. *Жарменов А. А., Шевко В. М., Терликубаева А. Ж., Айткулов Д. К., Бадикова А. Д.* Способ электротермического получения ферросилиция. Патент на полезную модель № 4870 . Кл. МПК C22B 4/06, C22C 38/02. 21.04.20.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕЙТЕРИЯ С ЛИТИЕВОЙ КПС В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕПЛОВЫХ И РАДИАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

STUDY OF INTERACTION OF DEUTERIUM WITH LITHIUM CPS UNDER HIGH THERMAL AND RADIATION LOADS

**Понкратов Ю. В., Тажибаева И. Л., Гордиенко Ю. Н.,
Кульсартов Т. В., Тулубаев Е. Ю., Самарханов К. К., Бочков В. С.**

Филиал ИАЭ НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

*ponkratov@nnc.kz, tazhibayeva@ntsc.kz, gordienko@nnc.kz, tima@physics.kz,
tulubayev@nnc.kz, samarkhanov@nnc.kz, bochkovv@nnc.kz*

**Ponkratov Yu. V., Tazhibayeva I. L., Gordienko Yu. N., Kulsartov T. V.,
Tulubayev Ye. Yu., Samarkhanov K. K., Bochkov V. S.**

IAE Branch NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

Аннотация. Работа посвящена исследованию процессов взаимодействия литиевой капиллярно-пористой структуры (КПС) с дейтерием в условиях высоких тепловых и радиационных нагрузок. В статье описываются экспериментальные исследования, проведенные с образцами литиевой КПС на исследовательском ядерном реакторе ИВГ.1М (Курчатов, Казахстан) и приводятся некоторые результаты ряда экспериментов.

Abstract. The work is devoted to study of the processes of interaction of lithium capillary-porous structure (CPS) with deuterium under conditions of high thermal and radiation loads. The article describes experimental studies with lithium CPS samples carried out at the IVG.1M research nuclear reactor (Kurchatov, Kazakhstan) and provides some experimental results.

Ключевые слова. Литий, дейтерий, тритий, ядерный реактор, облучение, капиллярно-пористая структура (КПС).

Keywords. Lithium, deuterium, tritium, nuclear reactor, irradiation, capillary-porous structure (CPS).

Введение

Одной из проблем для термоядерных установок является создание внутрикамерных элементов, стабильно работающих при высоких тепловых и радиационных нагрузках. Верхней границей практического использования традиционных твердых обращенных к плазме материалов (ОПМ) являются тепловые потоки плотностью не более 5 — 6 МВт/м². Также наряду с этим большой проблемой является загрязнение плазменного шнура тяжелыми примесями, попадающими в плазму из первой стенки и диверторной области, что приводит к возникновению так называемых ЭЛМ-ов (электромагнитных возмущений на периферии

плазмы) и пробоев. Перспективным решением вышеуказанных проблем является замена традиционных материалов внутрикамерных элементов, таких как вольфрам, бериллий, графит, на материал с меньшим атомным зарядом Z , такой как литий. Важным направлением в развитии термоядерных установок являются исследования, связанные с использованием в качестве материала контактирующего с плазмой жидкого лития [— , ,]. Применение жидкого лития для ОПМ в большинстве случаев было реализовано на основе использования в качестве стабилизирующей матрицы капиллярно-пористой структуры (КПС) [].

Эксперименты по использованию литиевых технологий в установках управляемого термоядерного синтеза (УТС) неоднократно проводились, и по сей день проводятся на ряде действующих в мире токамаках, таких как: Т11-М (Троицк, Россия), FTU (Фраскати, Италия), NSTX (Принстон, США), EAST (Хэфэй, Китай), а также на стеллараторе TJ-II (Барселона, Испания) [v — xi]. Однако проблемой применения литиевой КПС в реакторах синтеза, является недостаток экспериментальных данных по параметрам взаимодействия литиевой КПС с изотопами водорода в условиях нейтронного и гамма-излучения.

Экспериментальное ампульное устройство с образцом литиевой КПС

Для проведения реакторных экспериментов была выполнена разработка облучательного ампульного устройства предназначенного для исследований взаимодействия литиевой КПС с дейтерием в условиях реакторного облучения. В результате инженерных проработок, проведенных теплофизических и нейтронно-физических расчетов и выполненных оценок материального состава экспериментального устройства, учитывая все конструктивные особенности центрального канала исследовательского реактора ИВГ.1М, была разработана и изготовлена ампула с образцом литиевой КПС, представленная на рис. 1.

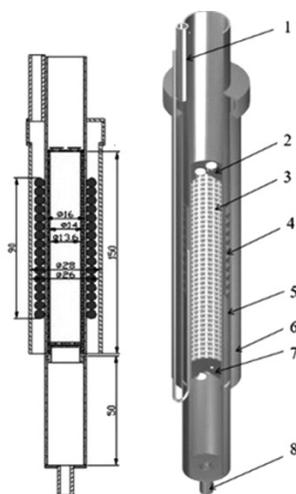


Рис. 1. Схема и 3D модель экспериментальной ячейки

1 — тракт охлаждения; 2 — верхний экран; 3 — КПС; 4 — нагреватель; 5 — корпус ампулы; 6 — кожух охлаждения; 7 — нижний экран; 8 — тракт подачи дейтерия

Методика испытания литевой КПС в условиях реакторного облучения

В рамках отработки методики испытания литевой КПС были проведены тестовые эксперименты по калибровке потоков дейтерия сквозь экспериментальную ячейку. Целью экспериментов являлось определение рабочих режимов подачи дейтерия на входную сторону АУ. Под рабочими режимами подразумеваются такие режимы натекания дейтерия, при которых потоки газа через экспериментальную ячейку являются стабильными и регулируемыми, а главное находятся в допустимых пределах регистрации парциального давления дейтерия на выходной стороне АУ при помощи квадрупольного масс-спектрометра RGA-100. Схема проведения экспериментов приведена на рис 2.

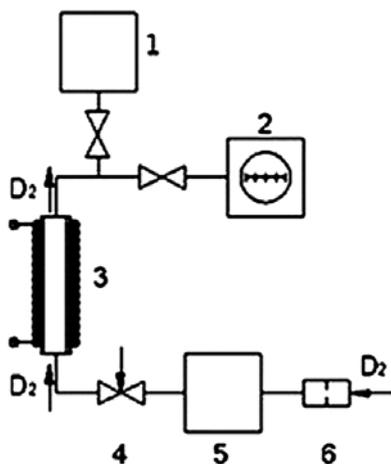


Рис. 2. Схема проведения экспериментов

1 – квадрупольный масс-спектрометр; 2 – турбомолекулярный; 3 – ампула с образцом литевой КПС; 4 – натекатель; 5 – буферная емкость; 6 – палладий-серебряный фильтр

В результате проведенных работ были выбраны режимы, которые были реализованы в последующих реакторных экспериментах.

Реакторные эксперименты с литевой КПС

На следующем этапе были реализованы работы целью которых являлось проведение реакторных экспериментов с образцом литевой КПС. В качестве источника нейтронного и гамма-излучений в экспериментах по испытанию литевых КПС использовался исследовательский реактор ИВГ.1М. Для проведения реакторных экспериментов ампульное устройство (АУ) с образцом литевой КПС было загружено в центральный петлевой канал (ФКЭ) реактора ИВГ.1М.

После загрузки и выполнения всех необходимых подготовительных предпусковых работ были проведены реакторные эксперименты при различных потоках дейтерия сквозь образец литевой КПС при различных температурных режимах на различных мощностях ИВГ.1М.

Реакторные эксперименты проводились методом дифференциальной сорбции на экспериментальном стенде ЛИАНА.

Условия проведения экспериментов были следующими:

- мощность реактора 1, 3, 6 МВт;
- остаточное давление в измерительном вакуумном тракте — 10^{-6} торр;
- поток дейтерия, прокачиваемый через АУ — $4,5 \cdot 10^{-10}$ моль/с;
- температура экспериментальной ячейки АУ с образцом литиевой КПС — 150 °С; 250 °С; 300 °С; 350 °С; 400 °С; 450 °С; 500 °С;
- температура палладий-серебряного фильтра — 180 °С;
- давление дейтерия подаваемого на вход фильтра — 750 торр.

В результате проведенных реакторных экспериментов с образцом литиевой КПС были получены временные зависимости изменения парциального давления основных составляющих газовой фазы в объеме АУ с исследуемым образцом при различных уровнях потока спектрально чистого дейтерия через АУ. Результаты одного из экспериментов представлены на рис. 3.

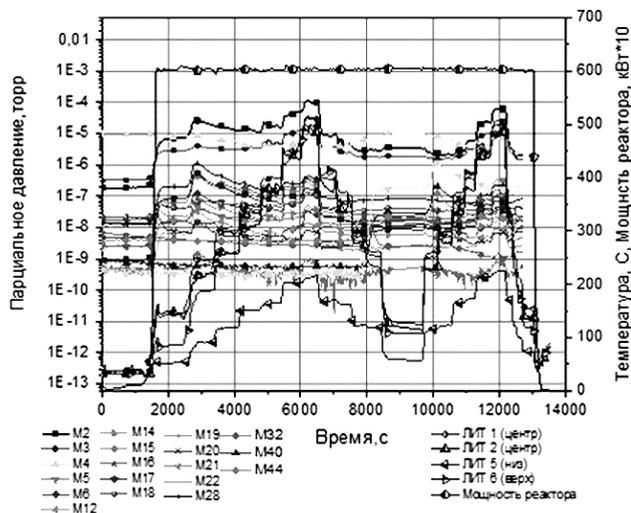


Рис. 3. Парциальные давления газов в объеме АУ с образцом литиевой КПС в эксперименте на уровне стационарной мощности реактора 6 МВт

M2 – водород (H_2^+); M3 – молекула HD^+ ; M4 – дейтерий (D_2^+), гелий (He^+) и молекула HT^+ ;
 M5 – молекула DT^+ ; M6 – тритий (T_2^+); M12 – углерод (C^+); M14 – углеводородное соединение (CH_2^+) и фрагмент молекулы азота (N^+); M16 – углеводородное соединение (CH_4^+) и фрагмент молекулы воды кислород (O^+); M18 – молекула воды (H_2O^+); M26 – ацетилен ($C_2H_2^+$);
 M28 – окись углерода (CO^+) и углеводородное соединение ($C_2H_4^+$); M32 – кислород (O_2^+);
 M40 – аргон (Ar^+); M44 – двуокись углерода (CO_2)

На рис. 3 представлены временные зависимости изменения парциального давления газовых соединений в объеме АУ с исследуемым образцом и изменение температуры литиевой КПС в условиях реакторного излучения на мощности 6 МВт.

Анализ и обобщение полученных результатов

По результатам реакторных экспериментов был выполнен анализ, в рамках которого была кратко описана общая модель эксперимента по нейтронному облучению литиевой КПС, в условиях потока дейтерия, подаваемого в непрерывно откачиваемую камеру с исследуемым образцом.

В ходе проведенного анализа была разработана комплексная модель, которая позволила получить расчетные данные:

1) равновесных распределений температуры по твердым телам (в каркасе КПС из нержавеющей стали и внешнем корпусе капсулы из нержавеющей стали) и в потоке лития;

2) стационарные поля скоростей и плотности, а также распределение давления по высоте рассчитываемой ячейки;

3) распределение концентрации дейтерия и трития в объеме лития и в ловушках, поток выходящих изотопов водорода через внутреннюю поверхность КПС, находящуюся под откачкой при различных температурах литиевой КПС.

С помощью данной модели были промоделированы данные реакторных экспериментов и определены параметры взаимодействия дейтерия и трития с литием: температурные зависимости константы захвата трития литием и константы распада LiT .

Выполненные с помощью разработанной модели расчеты позволили определить константы поглощения трития литием и константа распада LiT

$$k_{\text{rel}} \sim 0,15 \exp\left(-13000/RT\right); k_{\text{cap}} \sim 3,9 \cdot 10^5 \exp\left(-47000/RT\right). \quad (1)$$

Моделирование позволило получить хорошее совпадение расчетных и экспериментальных значений для квазиравновесных потоков выделения трития из литиевой КПС. На основе полученных модельных расчетов были проанализированы процессы, которые происходят в литиевой КПС при нейтронном облучении.

Заключение

По результатам анализа проведенных экспериментов можно сказать, что при использовании литиевой КПС в ТЯР и наличии нейтронного излучения в процессе работы установки следует ожидать следующее:

1) до температур 500°C основное количество нарабатываемого трития будет оставаться в образце литиевой КПС: причем здесь не играет значительной роли толщина образца КПС;

2) при наличии даже самых незначительных градиентов температуры по толщине литиевой КПС тритий будет равномерно распределяться по всему ее объему;

3) в присутствии нейтронного облучения будет наблюдаться выделение трития с поверхности нерасплавленного лития;

4) в области температур до 350 °С для жидкого лития выделение трития будет незначительным: практически весь тритий будет поглощаться в образце образуя LiT;

5) начиная, с температуры 350 °С будет наблюдаться незначительный поток трития в камеру установки, который будет ограничен скоростью наработки трития в слое толщиной несколько микрон.

Создание температурного градиента по толщине литиевой КПС позволит более эффективно проводить детритизацию литиевой КПС.

Список используемых источников

1. *Mazzitell G.*, [et al.]. FTU results with a liquid lithium limiter // Nuclear Fusion. 011. V. 51. № 7.
2. *Kugel H. W.*, [et al.]. NSTX plasma operation with a Liquid Lithium Divertor. // Fusion Engineering and Design. 2012. V. 87. 1724–1731.
3. *Mirnov S. V.*, [et al.]. Recent lithium experiments in tokamak T-11M // Journal of Nuclear Materials. 2013. V. 438. P. S224–S228.
4. *Golubchikov L. G.*, [et al.]. Development of a liquid-metal fusion reactor divertor with a capillary-pore system // J. Nucl. Mater. 1996. V. 233–237. P. 667–672.
5. *Zharkov M. Yu.*, [et al.]. Development of Lithium CPS Based Limiters for Realization of a Concept of Closed Lithium Circulation Loop in Tokamak // Physics Procedia. 015. V. 71. P. 47–51.
6. *Mirnov S. V.*, [et al.]. Experimental test of the system of vertical and longitudinal lithium limiters on T-11M tokamak as a prototype of plasma facing components of a steady-state fusion neutron source // Nucl. Fusion. 2015. V.55. 123015.
7. *Mazzitelli G.*, [et al.]. Experiments on FTU with an actively water cooled liquid lithium limiter // Journal of Nuclear Materials. 2015. V. 463. P. 1152–1155.
8. *Scotti F.*, [et al.]. Lithium sputtering from lithium-coated plasma facing components in the NSTX divertor // Journal of Nuclear Materials. 2015. V. 463. P. 1165–1168.
9. Chen Zhaoxi, [et al.]. Preliminary design and performance study of EAST liquid lithium limiter based on CPS // Fusion Engineering and Design. 2014. V. 89. P. 2685–2690.
10. *Lyublinski I. E.*, *Vertkov A. V.*, *Zharkov M. Yu.*, *Mirnov S. V.*, *Vershkov V. A.* Development of lithium and tungsten limiters for test on T-10 tokamak at high heat load condition // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016. V.130. 012019.
11. *Tabarés Francisco L.*, [et al. TJ-II Team]. First liquid lithium limiter biasing experiments in the TJ-II stellarator // Journal of Nuclear Materials. 2015. V. 463. P. 1142–1146.

РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ

Хакасская республиканская организация РИА была образована 20 декабря 1992 года и входила в состав Сибирского отделения филиалом. В сентябре 1999 года организация получила статус Хакасского регионального отделения РИА.



За период существования организации выросла и окрепла как научно-инженерный корпус Хакасии. Основателем Хакасской республиканской организации является член-корреспондент, кандидат технических наук Лудов Владимир Анатольевич. С его помощью был сформирован первый инженерный состав регионального отделения в 90 годы. Более 10 лет возглавлял инженерную академию в Республике Хакасия, почетный академик Российской и Международной инженерных академий, председатель Совета старейшин хакасского народа, почетный гражданин Абакана, депутат Верховного совета Республики Хакасия Владислав Михайлович Торосов.



С 2004 года руководство организацией инженеров Хакасии перешло к доктору технических наук, профессору, действительному члену МИА, члену-корреспонденту РИА Любове Петровне Нагрузовой. В настоящее время в составе организации сотрудничают 32 коллективных члена, в их числе: два действительных члена МИО, 24 члена-корреспондента и академические советники.

В составе инженерной академии 3 доктора технических наук, 9 кандидатов технических наук, руководители крупных строительно-дорожных, промышленно-транспортных организаций, такие как Саянско-алюминиевый завод, Саяно-шушенская ГЭС, дорожно-эксплуатационное предприятие 369, Абакан-проект и др., а также ведутся работы в оказании услуг туризма в Республике Хакасия.

Активное участие в работе организации принимают по подготовке инженерных кадров по новым направлениям и специальностям, член-корреспондент РИА, кандидат технических наук Елена Борисовна Соломонова — директор института Экономики и управления Хакасского государственного университета; член-корреспондент РИА, кандидат тех-

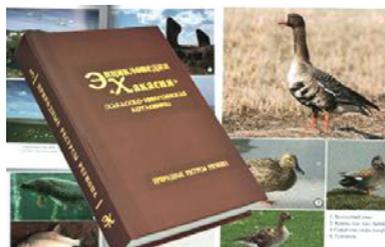


нических наук Наталья Александровна Эклер директор Инженерно-технологического института Хакасского государственного университета и Хакасский технический институт — филиал Сибирского федерального университета.



Сначала деятельности организации и по настоящее время проводятся работы инженерно-исследовательского характера. Всесторонне рассматриваются вопросы выброса Саянского алюминиевого завода и угольных разрезов на окружающую среду и выработаны конкретные мероприятия по снижению этих выбросов. С участием исполнительной дирекции и секции ХРО РИА разработан и утвержден план природо-охранных мероприятий в зоне влияния Саянского алюминиевого завода и угольного разреза (Аршаново). Эта работа доведена до уровней постановления строительства. Программой мониторинга предусматривается создание постоянно действующей системы контроля за состоянием водной (включая подземных вод, воздушной среды, почвы, растительного и животного мира, за состоянием здоровья людей).

Под руководством члена-корреспондента РИА, доктора технических наук профессора Елены Николаевны Булакиной ведется работа по направлению энергосбережения, повышения эксплуатационной надежности, гидрофицированных машин, агрегатов транспортных комплексов, а также вопросы экологичности технических средств.



Под руководством члена-корреспондента РИА, доктора технических наук, профессора Владислава Ивановича Максака ведется работа в направлении подготовки и аттестации кадров высшей квалификации при реализации в городах Москва, Краснодар, Абакан, Улан-Уде, Улан-Батор и др.; механики контактного взаимодействия элементов конструкции, работает над мемуарами.

Под руководством члена-корреспондента РИА, доктора технических наук, профессора Виталия Мартемьяновича Селиванова и члена-корреспондента РИА, кандидата технических наук Юрия Витальевича Селиванова ведется работа по разработке и исследованию свойств обжиговых строительных материалов из природного и техногенного сырья в республике Хакасия, республике Тыва и южных районах Красноярского края.

Под руководством члена-корреспондента РИА, кандидата технических наук Елены Борисовны Соломоновой и члена-корреспондента РИА, кандидата экономических наук Татьяны Борисовны Коняхиной ведутся работы по вопросам Региональной экономики.

Под руководством действительного члена МИА, члена-корреспондента РИА, доктора технических наук, профессора Любови Петровны Нагрузовой ведется работа по получению высокопрочных бетонов на цементах средней активности с применением отходов металлургической промышленности; по созданию эффективных утеплителей на основе цементной матрицы и полимеров; в области нанотехнологий заводской отделки наружных стеновых панелей и блоков с целью повышения эстетичности фасадных поверхностей. Кроме того совместно с членом-корреспондентом РИА, кандидатом технических наук Наталией Александровной Эклер ведутся работы по направлению аддитивных технологий малоэтажного домостроения.

Под руководством действительного члена Российской и Международной инженерных академий, кандидата экономических наук, председателя Совета старейшин родов Хакасского народа, депутата верховного совета Республики Хакасия, почетного академика РИА и МИА Владислава Михайловича Торосова разрабатывается проблема и написан учебник по направлению «Экономика регионов». Также он являлся руководителем проекта написания энциклопедии «Хакасия» в пяти томах. В научно-редакционный совет входят Любовь Петровна Нагурова, Виталий Мартемьянович Селиванов. Изданы первые четыре тома энциклопедий, к изданию готовится пятый том.



При участии членов Хакасского регионального отделения РИА город Абакан развивается и обновляется.

Состав инженерной академии Республики Хакасия будет пополняться новыми членами, активно работающими в реализации задач индустриально-инновационного развития и подготовки высококвалифицированных кадров Республики Хакасия.

МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КАЛИБРОВКИ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО 3-D МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

METHOD OF INTELLIGENT CALIBRATION OF DIGITAL X-RAY 3-D MICROTOMOGRAPH FOR NON-DESTRUCTIVE DIAGNOSTICS OF ONBOARD RADIOELECTRONIC EQUIPMENT

Горбачев С. В.,

*Российская инженерная академия,
Национальный исследовательский
Томский государственный университет, Томск*

Gorbachev S.V.,

*National Research Tomsk State University, Tomsk
e-mail: spp03@sibmail.com*

Аннотация. Описана гибридная структурно-перестраиваемая архитектура нечеткой клеточной нейронной сети Кохонена FCNN-SOM для интеллектуальной калибровки цифрового рентгеновского 3-D микротомографа. Калибровка представляется как полностью автоматический процесс сегментации искаженного изображения в конечное число кластеров, в процессе которой каждый пиксел изображения связывается с определенной степенью принадлежности с соответствующим детекторным кристаллом, который был фактически поражен гамма-лучом.

Ключевые слова: 3-D микротомограф, детектор, изображения, калибровка, кластеризующие нейро-нечеткие сети

Abstract. A hybrid structurally-reconfigurable architecture of the Kohonen fuzzy cellular neural network FCNN-SOM for intelligent calibration of a digital X-ray 3-D microtomograph is described. Calibration is represented as a fully automatic process of segmenting a distorted image into a finite number of clusters, in which each pixel of the image is associated with a certain degree of belonging to the corresponding detector crystal that was actually hit by the gamma ray.

Keywords: 3-D microtomograph, detector, images, calibration, clustering neuro-fuzzy networks

Введение

В настоящее время в России более трехсот предприятий различных форм собственности занимаются производством радиоэлектронных устройств. Со-

временное развитие производства предъявляет высокие требования к контролю качества выпускаемой продукции, особенно это касается бортовой радиоэлектронной аппаратуры, для которой применение традиционных методов диагностики и локализации дефектов малоэффективно и может быть произведено только с использованием неразрушающего рентгеновского контроля. Несмотря на новые возможности цифровой радиологии, использующей цифровые детекторные системы (ЦДС) — плоскостные и линейные детекторы, замещающие пленку с требуемым качеством изображения, очевидно, что вполне естественные вариации характеристик сенсоров в панели, неоднородности распределения рентгеновского излучения и другие особенности электроники будут вызывать некоторые различия сигналов от различных пикселей панели. Еще одним источником шума в детекторе является коррелированный линейный шум, который является шумом, присущим одновременно всем пикселям данной строки.

Поэтому актуальной задачей является разработка новых технологий калибровки ЦДС, которые позволяют практически полностью избавиться от их собственных шумов. Такие возможности отсутствуют у пленочных систем и систем компьютерной радиологии с фосфорными запоминающими пластинами многократного использования.

В современной литературе описаны способы автоматизированной калибровки цифровых рентгеновских томографов, например, метод калибровки, основанный на преобразовании водораздела [1], но они обычно рассчитаны на интерактивное исправление результатов пользователем, а также не учитывают ситуации, когда один и тот же пиксел с разными уровнями принадлежности может относиться сразу нескольким кластерам (кристаллам).

В данной статье описывается основанный на нейро-нечетких кластеризующих сетях метод автоматической калибровки первого в стране цифрового рентгеновского 3-D микротомографа (рис. 1), разработанного в Национальном исследовательском Томском государственном университете [2].



Рис. 1. Цифровой рентгеновский 3-D микротомограф

Устройство способно различать дефекты размером от 1 до 10 микрометров и внедрено в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева» для неразрушающего контроля в цикле изготовления бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов. Основные виды дефектов, обнаруживаемых микротомографией, представлены на рис.2.

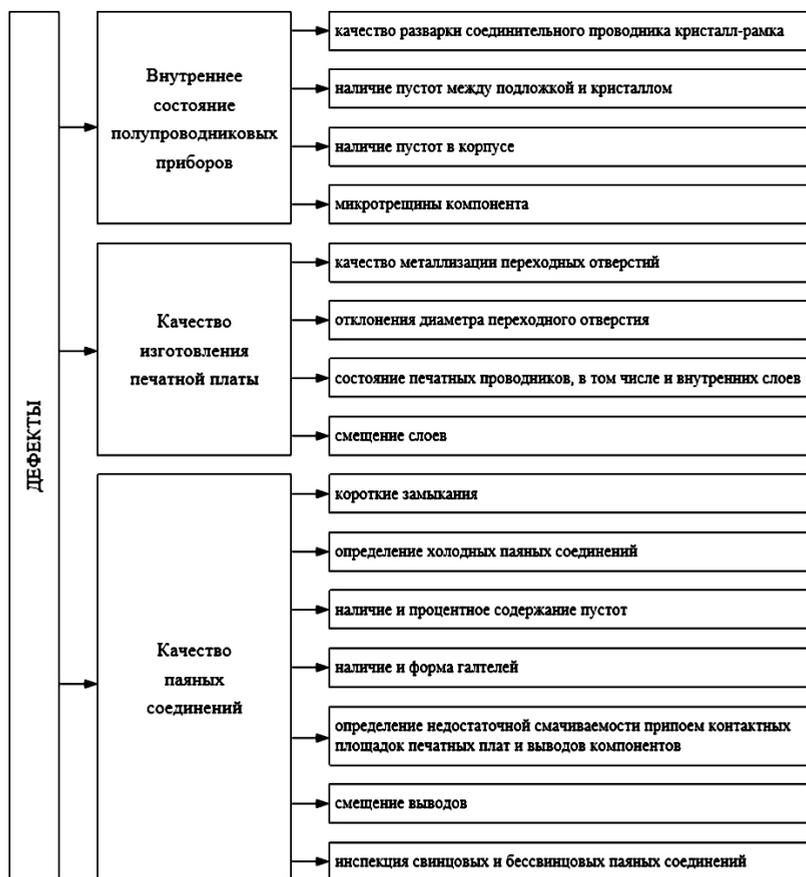


Рис. 2. Номенклатура дефектов, обнаруживаемых системой неразрушающего рентгеновского контроля материалов и узлов бортовой радиоэлектронной аппаратуры

Для повышения точности калибровки ЦДС автором была разработана гибридная структурно-перестраиваемая архитектура — нечеткая клеточная нейронная сеть Кохонена (FCNN-SOM) [3], при этом вводится новое понятие окрестности и дополнительный специфичный этап обучения.

Основные параметры качества изображения

В рентгеноспектральной аппаратуре в настоящее время используются детекторы, для которых средняя амплитуда электрических импульсов пропорциональна энергии квантов регистрируемого излучения. Это в первую

очередь полупроводниковые детекторы. Их принцип действия базируется на способности рентгеновского излучения ионизировать атомы вещества. Амплитудная селекция импульсов, соответствующих попавшим в детектор квантам, позволяет подавить высокие порядки дифрагировавшего на кристалле рентгеновского излучения и повысить тем самым контрастность выделяемого сигнала.

Радиографическое изображение в соответствии с терминологией описывается следующими основными параметрами качества изображения [1,4]:

1. *Базовое пространственное разрешение SRb*, измеренное с помощью эталона с двойной проволокой согласно стандарту EN 462-5 и равное половине зарегистрированной не резкости изображения или эффективному размеру пикселя. Иногда пользуются понятием разрешающая способность, которая определяется из зависимости контраста соседних объектов от расстояния их разделяющего. Эта зависимость называется модуляционной передаточной функцией (MTF) или контрастной передаточной функцией. Величина, обратная расстоянию, разделяющему соседние объекты, называется пространственной частотой и измеряется, по аналогии с пленкой, в парах линий/мм.

2. *Нерезкость изображения* определяется отношением геометрической нерезкости к увеличению (проекционная нерезкость) и нерезкостью детектора, описываемой базовым пространственным разрешением *SRb* (равным половине нерезкости детектора).

3. *Отношение сигнал/шум SNR*.

Детектор характеризуется нормированным отношением сигнал/шум *SNR_{norm}* как функцией условий экспозиции (экспозиционной дозы и радиационного качества). Нормировка измеренного отношения сигнал/шум на базовое пространственное разрешение необходима, поскольку измеренное значение отношения сигнал/шум увеличивается как квадратный корень от площади детектирующих пикселей (результат статистики Пуассона для рентгеновских фотонов).

4. *Отношение контраст/шум CNR*.

В общем случае *CNR* зависит от отношения сигнал/шум детектора и эффективного коэффициента поглощения материала.

5. *Чувствительность детектирования* (контрастная чувствительность):

$$Cs = \frac{1}{CNR} ,$$

небольшого изменения радиационной толщины объекта Δw (происшедшего из-за наличия дефекта внутри объекта) определяется отношением контраста (изменения интенсивности сигнала ΔI) к уровню шума изображения (стандартное отклонение от I).

CNR для данного Δw может быть рассчитано из *SNR* (отношения сигнал/шум) изображения с учетом коэффициента поглощения μ и коэффициента рассеяния k (равного отношению интенсивностей рассеянного и первичного излучения).

б. *Динамический диапазон* (диапазон радиационных толщин объекта, доступных анализу на одном и том же изображении).

Поскольку для пленок эта величина фиксирована (ограничена диапазоном оптических плотностей 2–4,5 и $\mu_{эфф}$), то она не считается параметром для пленочной радиографии, учитываемым в стандартах. В то же время большой динамический диапазон ЦДС в ряде практических приложений может иметь решающее значение при выборе детектора.

Нейро-нечеткий метод калибровки на основе FCNN-SOM

Процесс калибровки производится на изображении, получаемом путем освещения рентгеновского детектора однородным пучком рентгеновских лучей источником рентгеновского излучения на время, достаточное, чтобы получить изображение с высоким разрешением. Обычно калибровка включает захват изображений при полной (светлопольное изображение), средней (среднепольное изображение) и нулевой (темнопольное изображение) дозовых нагрузках. Результирующие калибровочные изображения используются для нормализации отклика пикселей.

Вследствие шума измерения, несовершенства линейного функционирования кристаллов матрицы рентгеновского детектора, возможных краевых эффектов, неоднородной чувствительности элементов выходное изображение характеризуется неравномерной яркостью по полю и похоже на геометрически искаженную квадратную сетку, при этом дисторсионное искажение усиливается по мере удаления от центра (рис. 3).

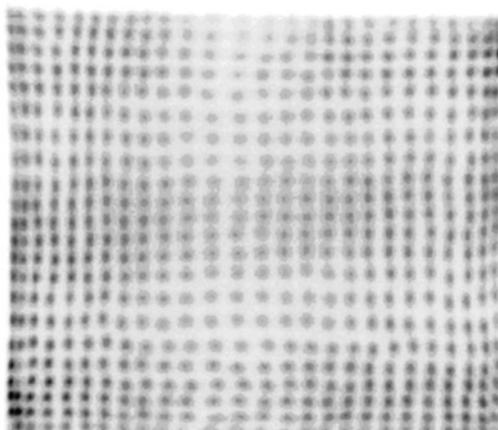


Рис. 3. Геометрически искаженное выходное изображение

Поэтому встает вопрос о необходимости соответствующей калибровки. Уровень интенсивности получаемого изображения пропорционален числу рентгеновских лучей, которые поражают соответствующий кристалл, поэтому идентификация области влияния каждого кристалла может быть получена поиском пиков интенсивностей по изображению.

По существу, цель калибровки — связать каждый пиксел изображения, индуцированного рентгеновским детектором, с матричным кристаллом, влияющим на этот пиксел.

Для повышения точности калибровки автором разработана структурно-перестраиваемая гибридная архитектура нечеткой клеточной нейронной сети Кохонена FCNN-SOM, [3,4], при этом вводится новое понятие окрестности и дополнительный специфичный этап обучения.

Архитектура FCNN-SOM приведена на рис.4 и содержит 3 слоя:

- 1) входной (рецепторный) слой;
- 2) слой нейронов Кохонена с латеральными связями, обучаемых клеточным автоматом для определения центроидов пиков интенсивностей изображения в виде пересекающихся кластеров;
- 3) дополнительный (выходной) слой нечеткой кластеризации, вычисляющий уровни принадлежности текущего вектора признаков пиксела каждому кластеру.

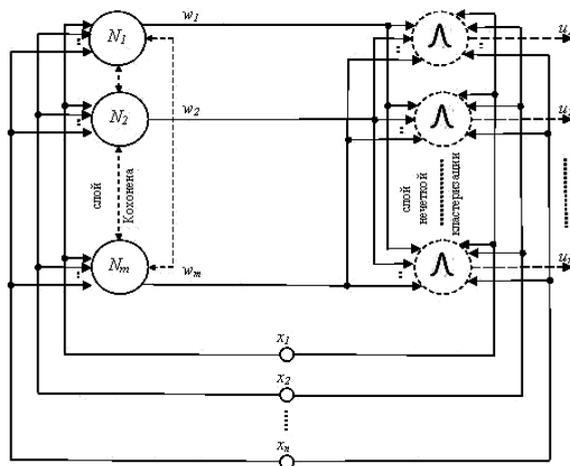


Рис. 4. Архитектура нечеткой клеточной нейронной сети Кохонена (FCNN-SOM)

Наборы входных векторов признаков пикселей $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{nj})$ (здесь $j=1, \dots, N$ имеет смысл номера пиксела в обучающей выборке) с входного (рецепторного) слоя последовательно подаются на нейроны слоя Кохонена $N_i (i=1, \dots, m)$, имеющего размер кристаллической решетки матрицы рентгеновского детектора.

Цель обучения — разбиение обучающей выборки данных на m кластеров с некоторыми уровнями принадлежности w_{ij} -го вектора признаков i -му кластеру.

Настраиваемые синаптические веса w_{ij} определяют центроиды m пересекающихся кластеров, соответствующие m «лучшим» пикам интенсивности по изображению.

Этап 1. Предварительная обработка данных.

Входные данные центрируются и стандартизируются по всем ординатам так, чтобы все наблюдения принадлежали гиперкубу $[-1; 1]^n$.

Этап 2. Инициализация начального состояния нейронов сети.

Этап 3 (упорядочение сетки). Обучение слоя Кохонена клеточным автоматом в специфичной окрестности — окружении фон Неймана.

Основу процедуры обучения слоя Кохонена составляет конкуренция между нейронами в ответ на поступающий пример — определяется нейрон-победитель с минимальным расстоянием до предъявленного входного вектора. Поскольку задача состояла в восстановлении структуры сетки матрицы кристаллов, данный метод определяет центры кластеров и соединяет эти центры согласно фиксированной топологии карты Кохонена. Нейроны в обученной карте должны располагаться в довольно однородном пространстве, последовательно, с геометрическими искажениями, существующими по выходному изображению и независимо от различий в уровнях интенсивности, связанных с пиками. Поэтому этап 3 можно назвать *этапом упорядочения сетки*, во время которого процедура обучения будет пытаться на входных векторах строить сетку нейронов таким образом, чтобы в большой степени учитывалась информация, которая отражает ожидаемую структуру сети. Основная идея состоит в том, что вводится более специфичное понятие окрестности, которая принимает во внимание геометрическую природу нейронной сети, и соответственно обновление весов нейрона-победителя и нейронов-соседей происходит в пределах определенного расстояния от нейрона-победителя, но на том же самом ряду (координата X) и на той же самой колонке (координата Y) сетки как и победитель. Этот выбор будет давать более высокий вес такой топологии сетки, которая первоначально связалась бы с центрами пиков интенсивности излучения (рис.5).

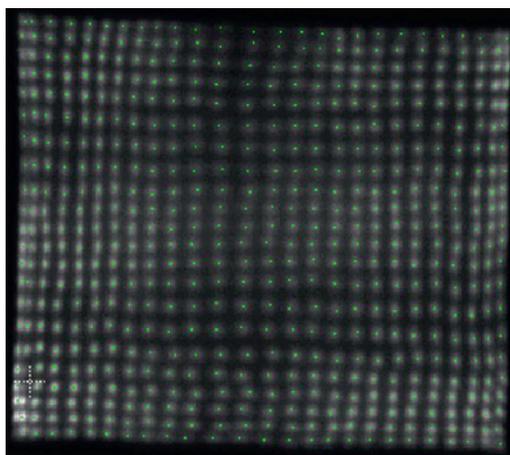


Рис. 5. Топология обученной нейронной сети Кохонена, наложенная на структуру сетки изображения (нейроны помечены точками)

Этап 3 калибровки реализуется обучением сети Кохонена клеточным автоматом (СА) с конфигурацией фон Неймана, предполагающей наличие только горизонтальных и вертикальных связей между соседними ячейками СА – нейронами слоя Кохонена, топологически связанными в окружении фон Неймана с 4 (на границе — с 2 или 3) соседними нейронами самоорганизующейся карты (рис.6).

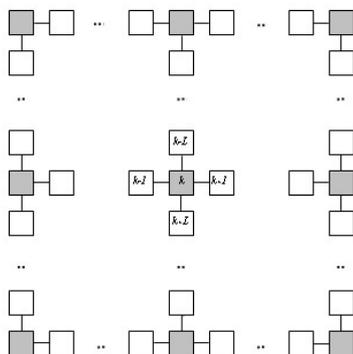


Рис. 6. Клеточная самоорганизующаяся карта Кохонена с нейронами в окружении фон Неймана

В каждой эпохе обучения k -й нейрон смещается на относительную величину η в направлении центра тяжести области пространства учебных образцов, образованной объединением окрестностей Вороного k -го нейрона-победителя и его ближайших соседей в окружении фон Неймана. В частности, при $\eta=1$ нейрон смещается точно в центр тяжести этой объединенной области.

Этап 4 (тонкая настройка). Дообучение сети по алгоритму WTA при выключенных связях между нейронами.

Во время дообучения окрестность каждого нейрона включает только самого себя: практически, каждый входной вектор вызывает обновление только весов нейрона-победителя, при этом используется медленное уменьшение скорости обучения, без изменения упорядоченной структуры сетки, достигнутой на предыдущем этапе.

Этап 5 (дополнительный). Обучение сети алгоритмом нечеткой кластеризации Бездека вместо алгоритма WTA, при отключенных латеральных связях в слое Кохонена.

При отсутствии четко выраженной границы между соседними кластерами к слою Кохонена добавляется выходной слой нечеткой кластеризации, нейроны которого вычисляют уровни принадлежности $U_j = (u_{1j}, \dots, u_{mj})$ j -го примера ($j=1, \dots, N$) к i -му кластеру ($i=1, \dots, m$).

Таким образом, FCNN-SOM может работать в режиме как четкой, так и нечеткой кластеризации в зависимости от характера обрабатываемых данных.

Заключение

В статье описан метод интеллектуальной калибровки изображений, регистрируемых плоскопанельным рентгеновским детектором, на основе гибридной структурно-перестраиваемой архитектуры нечеткой клеточной нейронной сети Кохонена FCNN-SOM, при этом вводится специфичное понятие окрестности и дополнительный этап обучения. Калибровка представляется как полностью автоматический процесс сегментации искаженного изображения в конечное число кластеров, в процессе которой каждый пиксел изображения связывается с определенной степенью принадлежности с соответствующим детекторным кристаллом, который был фактически поражен гамма-лучом. Для этого определяются центры пиков интенсивности изображения и соединяются с соответствующими кристаллами согласно топологии обученной FCNN-SOM.

Описанный метод полностью автоматизирован, не требует интерактивного вмешательства пользователя, позволяет минимизировать уровень шумов цифровых детекторных систем и открыть путь к новым приложениям, где требуются чрезвычайно высокие чувствительность и контраст изображения.

Метод реализован в блоке нейросетевого метрологического обеспечения первого отечественного рентгеновского цифрового 3D микротомографа для неразрушающего исследования органических и неорганических объектов. Устройство способно различать дефекты размером от 1 до 10 микрометров и внедрено в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева» для неразрушающего контроля в цикле изготовления бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов, а также ее теплофизических характеристик, защищено свидетельствами, патентами, отмечено золотыми медалями и Дипломами престижных Международных форумов и выставок — XIV Международный форум и выставка «Высокие технологии XXI века» (Москва), Петербургская техническая ярмарка в конкурсе «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года», 43-й Международная выставка изобретений «INVENTIONS GENEVA», Международный выставочный центр PALEXPO, Женева, Швейцария.

Список литературы

1. *Майоров А. А.* Цифровые технологии в радиационном контроле // В мире НК. 2007. № 1(35). С. 4.
2. *Сырымкин В. И., Буреев А. Ш., Васильев А. В., Глушков Г. С., Богомолов Е. Н., Бразовский В. В., Шидловский С. В., Горбачев С. В., Бородин В. А., Осипов А. В., Шидловский В. С., Осипов Ю. М., Осипов О. Ю., Ткач А. А., Повторев В. М.* Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления. Патент № 2505800. МПК: G01N 23/04 (2006/01).

3. *Горбачев С. В.* Метод фазсификации многомерных данных на основе нечеткой клеточной нейронной сети Кохонена // Телекоммуникации. 2018. № 8. С. 9.
4. *Сырямкин В. И., Горбачев С. В., Суңцов С. Б.* Адаптивные нейросетевые алгоритмы диагностики материалов, оборудования и радиоэлектронной аппаратуры. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2013. 269 с.
5. *Syryamkin V. I., Klestov S. A., Suntsov S. B.* Digital X-ray tomography. London: Red Square Scientific, 2020. 200 с.

СОЗИДАТЕЛЬНОЕ И НЕИСЧЕРПАЕМОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ — ОСНОВА НОВОЙ ЭРЫ РАЗВИТИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ В XXI ВЕКЕ

CREATIVE AND INEXHAUSTIBLE SUBSOIL USE IS THE BASIS OF A NEW ERA IN THE DEVELOPMENT OF CIVILIZATION IN THE 21ST CENTURY

Битимбаев М. Ж.,

*Национальная инженерная академия Республики Казахстан (НИА РК),
г. Алматы
mbitimbayev@mail.ru*

Bitimbayev Marat

*National engineering academy of Republic of Kazakhstan (NEA RK),
Almatymbitimbayev@mail.ru*

Аннотация. Продукции из минерального сырья всегда были основой развития цивилизации. Запасы полезных ископаемых в традиционных месторождениях иссякнут до глубины 4–4,5 км в течение 30–150–200 лет. Предложено решение по созданию созидательного неисчерпаемого недропользования для полного, комплексного и управляемого использования недр с валовой сплошной выемкой. Оно обеспечит человечество металлами и строительными материалами, сохраняя природное равновесие недр и поверхность Земли.

Abstract. Mineral products have always been the basis for the development of civilization. Mineral reserves in traditional deposits will run out to a depth of 4–4.5 km within 30–150–200 years. A solution has been proposed for the creation of a creative inexhaustible subsoil use for the complete, integrated and controlled use of subsoil with bulk breast stoping. It will provide mankind with metals and building materials, preserving the natural balance of the bowels and the surface of the Earth.

Ключевые слова: истощение запасов традиционных месторождений; созидательное неисчерпаемое недропользование; полное, комплексное и управляемое использование недр; валовая сплошная выемка; природное равновесие; безотходность и сохранение поверхности.

Keywords: depletion of reserves in traditional deposits; creative inexhaustible subsoil use; complete, integrated and controlled use of subsoil; bulk breast stoping; natural balance; wastelessness and surface preservation.

Основополагающее место в общем развитии цивилизации занимает минерально-сырьевой комплекс. Реализация потребностей человечества влечет за собой ежегодную выемку из недр около 30 млрд тонн минерального

сырья и более 120–150 млрд тонн пустой породы без учета объемов добычи нефти и газа и использования для собственных нужд, промышленности и сельского хозяйства около 500–600 млрд м³ воды. На поверхности планеты в районах действия предприятий накапливаются твердые отходы, образованные в процессе добычи и переработки, которые количественно составляют не менее 80–85% от общего объема добычи. Ежегодно происходит вывоз из полезного оборота территорий поверхности Земли, равная суммарной территории Чехии и Словакии (120 тыс. км²). В недрах Земли образовались и продолжают образовываться огромные объемы полостей и пустот в виде пройденных горных выработок и отработанного очистного пространства подземных рудников и карьеров на поверхности. В результате коренным образом меняется сбалансированное за предшествующие до вмешательства человека эпохи напряженное состояние массивов, нарушается режим подземных и поверхностных вод, деформируется сама земная поверхность.

Нарастающий технологический прессинг на природные экосистемы приводит к их быстрому и часто необратимому разрушению, которое по своим масштабам постепенно принимает глобальный характер. При этом парадоксальность ситуации заключается в том, что прогрессирующая деградация природы происходит на фоне быстро растущих расходов человечества на ее охрану; при этом энергетические ресурсы, необходимые для сохранения природы на современном уровне развития, могут быть получены только путем техногенного разрушения фундамента этой природы — литосферы Земли [1].

В то же время человечество не может существовать без использования минерального сырья во все большем количестве и разнообразии, потому что:

- население Земли растет безостановочно;
- условия жизни людей улучшаются в материальном плане с достижением обеспеченности на уровне развитых стран и с ликвидацией социального и экономического неравенства;
- увеличивается потребность в новых видах ранее неиспользуемых или мало используемых продуктов из минерального сырья.

Поиску путей создания новой модели построения технократической цивилизации, позволяющей избежать происходящих необратимых процессов разрушения природной среды предшествовало изучение минерального состава земной коры, распределения минеральных видов по типам химических соединений в количественном и весовом соотношениях, закономерностей пространственного распределения химических элементов, то есть минералов в различных продуктах геологических процессов, деления химических элементов на петрогенные (породообразующие) и металлогенные (рудобразующие).

На основе анализа сделан вывод, подтверждаемый статистикой, о практически полном исчерпании подтвержденных запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, содержащихся в месторождениях в традиционном толковании этого понятия, в течение 30–150–200 лет в зависимости от прогнозов объемов потребности по их видам (табл. 1).

Добыча/производство и обеспеченность важнейшими полезными ископаемыми (подтвержденные запасы)¹

Полезное ископаемое	Подтвержденные запасы на начало 2015 г.	Добыча/производство в 2014 г.	Обеспеченность, крат	В т.ч. Казахстан		
				Подтвержденные запасы на начало 2019 г.	Добыча/ производство в 2018 г.	Обеспеченность, крат
Нефть, млрд т	249,9	4,2	60	5,20	0,0755	69
Газ, трлн м ³	214,2	3,5	61	4,0	0,0459	87
Уран, млн т	1,2	0,059	20	0,977	0,00216	45
Уголь, млрд т	960,2	7,8	120	33,8	0,093	364
Железная руда, млрд т	268,2	1,99	135	19,9	0,369	540
Марганцевая руда, млрд т	5,7	0,054	106	0,686	0,0017	400
Хромовая руда, млрд т	4,1	0,029	140	0,363	0,0052	70
Бокситы, млрд т	26,9	0,259	104	0,310	0,0052	60
Медь, млн т	862,2	18,4	47	38,6	0,65	59
Никель, млн т	83,9	2,0	42	2,04	0,0006	3400
Кобальт, млн т	7,5	0,123	61	0,21	—	—
Свинец, млн т	132,6	5,5	24	12,2	0,133	91,7
Цинк, млн т	318,5	14,0	23	24,3	0,553	43,9
Олово, млн т	6,9	0,349	20	0,19	—	—
Вольфрам, млн т	4,3	0,098	44	1,935	—	—
Молибден, млн т	19,9	0,306	65	0,97	0,002	435
Сурьма, млн т	2,6	0,157	17	—	—	—
Титан, млн т TiO ₂	1365,6	3,7	370	33,85	0,0137	2470
Серебро, тыс. т	806,5	27,0	30	50,7	0,82	39,8
Золото, тыс. т	61,2	3,0	20	2,42	0,063	38,4
МПГ, тыс. т	75,5	0,392	190	—	—	—
Алмазы, млн карат	3239,0*	124,5	26	2414*	—	—
Фосфаты, млн т P ₂ O ₅	23136,6	218,7	106	1132	0,57	1398
Калийная соль, млн т K ₂ O	7487,0	38,9	190	643,4	—	—
Плавленый шпат, млн т	245,4	6,4	38	11,4	0,03	380

¹ Бежанова М. П., Стругова Л. И. Научно-информационный справочник: Ресурсы, запасы. Добыча, потребление и цены важнейших полезных ископаемых мира, — М.: ОАО ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ» и ООО «МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ МИРА», 2016. — 160 с.

* Алмазы, учтенные в Казахстане, являются техническими, мировые запасы учитывают ювелирные.

* Подтвержденные запасы учитывают категории А+В+С1.

² Данные по Казахстану из статотчетности Комитета геологии и недропользования РК.

Примечание: Приведенные данные по обеспеченности изменятся в сторону значительного (порой кратного) уменьшения в связи с непрерывным ростом потребности. Например, в 2040 г. ожидается ежегодное потребление катодной меди 90 млн тонн в год.

Складывающаяся негативная обстановка с обеспеченностью цивилизации минеральным сырьем, разрушение баланса в массиве недр, слагающем земную поверхность и невозможность существования человеческого общества без добычи и переработки минерального сырья явились причиной возникновения задачи поисков источников сохранения и расширенного воспроизводства на основе использования всех горных пород как полезных ископаемых.

Срок принятия таких решений не должен превышать срока смены одного поколения, учитывая необходимость проведения огромного комплекса научно-исследовательских и практических работ по созданию минерально-сырьевой базы в новом толковании и полное исчерпание запасов традиционных полезных ископаемых до конца XXI века.

Научно обоснованный подход к решению этой проблемы мирового значения был сделан в труде российских ученых «Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли» [2] под редакцией председателя специальной комиссии Научного Совета РАН по проблемам горных наук, академика К. Н. Трубецкого. В нем рассмотрены последствия интенсивного и масштабного изменения недр от воздействия человека и рассмотрен перечень необходимых условий существования человека, предоставляемых георесурсами, которые дополнили группы георесурсов в их систематизации, предложенной академиком М. И. Агошковым [3].

В выполненном обзоре георесурсов были сделаны следующие выводы:

«Реальное свое значение любой георесурс приобретает при определенной экономической конъюнктуре и в случае, когда известна технология его извлечения из недр и применения.

Научное познание недр в горном деле должно следовать необходимости увеличения георесурсного многообразия и создания для этого технологических возможностей.

Для многообразия ресурсов недр характерна существующая между ними генетическая связь. Освоению недр в настоящее время свойственно неустранимое в дальнейшем нарушение их состояния, сопровождающее извлечение георесурсов одного вида и имеющее следствием разрушение сопряженных георесурсов других видов. Со временем по этой причине, обычно, складывается экологическая ситуация, неблагоприятная для жизни населения.

Принято считать в таких случаях недра в большей или меньшей степени, а иногда и полностью исчерпанными.

Такая точка зрения не может считаться научно обоснованной».

Развивая в практическом ключе изложенное, нами на основе совокупного изучения химического и минералогического состава горных пород и объективно существующих закономерностей строения, структуры, текстуры и условий залегания их в зависимости от формирующих их геологических процессов, происходящих в определенных физико-химических условиях и явлениях, их сопровождающих, и свойств горных пород и ми-

нералов предложено формировать минерально-сырьевую базу полезных ископаемых, обеспечивающих нужды мирового сообщества в современных условиях на новой основе. Оно представлено как Открытие под названием «Закономерность формирования минерально-сырьевой базы полезных ископаемых» [6], которое позволит Мировому сообществу открыть путь созидательному недропользованию, обеспечивающему его непрерывное развитие с учетом роста численности населения, удельных потребностей в связи с улучшением условий жизни и развитием новых направлений технологического обеспечения цифрового управления, роботизированных комплексов, потребностей для коммуникаций, связи и освоения окружающего пространства.

Все выводы по геологическим условиям образования месторождений, уровней глубин их формирования, физических режимов состояния массива недр, минеральному составу земной коры и распределению минеральных видов по типам химических соединений, закономерностям пространственного распределения сделаны на основе изучения и анализа [4].

В эпоху античной культуры человек использовал 19 химических элементов, в конце XVIII в. — 28, в начале XX в. — 59. Сейчас человечество использует уже более 100 элементов и многочисленные химические соединения, включая физические агломераты горных пород и искусственно созданные из природного материала. Наиболее доступные месторождения ископаемых быстро истощаются.

До настоящего времени общество вовлекает в эксплуатацию те недра земной коры до максимально возможной технологически и учитывая физиологические особенности человека глубины 4–4,5 км, в том числе в будущем с использованием роботов, автоматизации и цифрового управления, которые в природных условиях сконцентрированы в виде общеизвестной «руды». Представленный как Открытие научный труд предлагает использовать практически все ресурсы земных недр после глубокого изучения закономерностей нахождения минералов и горных пород, сложенных ими, их свойств, разработки технологий извлечения из скоплений этих минералов и горных пород нужных для человечества металлов и (или) их соединений с полным и комплексным использованием массива недр со сплошной выемкой.

Принимая во внимание ожидаемые в течение 40–70 лет, т.е. уже в XXI веке:

- истощение запасов традиционных месторождений полезных ископаемых, расположенных в земной коре до глубины 4–5 км от поверхности;
- невозможность по техническим и антропологическим причинам организации безопасной и производительной работы на глубинах свыше 4–5 км;
- достоверность факта установления авторами неизвестных ранее объективно существующих закономерностей и свойств материального мира неживой природы в виде ее недр в земной коре, следует констатировать, что данное Открытие:

- решает задачу созидательного, а не разрушительного недропользования;
- реализует условия применения созидательного недропользования в промышленных масштабах;
- создает возможность обеспечения человечества минерально-сырьевой базой полезных ископаемых, которая будет основана на неисчерпаемости, сохранности природного равновесия массива недр и безотходности.

Теоретические доказательства достоверности Открытия основаны на базе изучения слагающих недр Земли минералов и их агрегатных скоплений в виде горных пород:

- Жизненно важные товарные продукты производятся из 45 металлов и других химических элементов и их скоплений, которые содержатся в 770 минералах. Из них в настоящее время целенаправленно добываются в качестве полезных ископаемых 197, т.е. 25,6%;
- Открытие создает возможность для производства тех же наиболее важных товарных продуктов привлечь дополнительно еще 573 минерала, запасы которых в земной коре до глубины 4–5 км неисчерпаемы и обеспечивают человечество на тысячи лет.
- Создание действующего производства, добывающего и перерабатывающего новые 573 минерала, будет реальностью, если в течение последующих 10–30 лет создать технологическое обеспечение рентабельного получения нужной продукции из новых полезных ископаемых.
- Абсолютно уверенно можно говорить об увеличении в будущем количества минералов, содержащих ныне используемые 45 химических элементов, так как в земной коре минералов более 3000 и их число ежегодно за счет вновь открываемых увеличивается на 40–50.

Экспериментально доказанной достоверность Открытия можно считать, исходя из следующих факторов:

- за последние 40–50 лет человечество начало использовать как минеральное сырье скопления минералов и горных пород, которые до этого не считались месторождениями. Для примера можно сослаться на широкое использование в качестве алюминиевого сырья нефелинов, снижения в 10–15 раз содержания меди в добываемой руде с учетом ранее не входивших в учет как руды минералов меди со средним содержанием в балансовых запасах 0,3–0,4% и т.д.;
- развитие физико-химических способов воздействия в отношении всего массива горных пород как полезного ископаемого для его перевода в подвижное состояние с помощью формирования на месте его залегания в недрах тепловых, массообменных, химических и гидродинамических процессов для извлечения через скважины;

- создание новых реагентов коллективного и селективного извлечения;
- автоматизация, роботизация, безлюдная выемка и обогащение, цифровое управление.

Теоретическая база, определившая сущность Открытия и формулировку его содержания, изложена в капитальном труде [2], в котором сказано: «Мерой наукоемкости для горного производства должна стать и степень осуществления разнообразных ресурсопроизводящих технологий воздействия на минеральную среду. Именно они призваны сейчас обеспечить «рекультивацию» недр в пространственных границах преобразуемого участка литосферы с учетом его свойств, требований и экологических нормативов. В этих технологиях должны быть использованы новые знания о свойствах природных и техногенных геосистем».

Как сказано академиком РАН Н. П. Лаверовым в Предисловии к вышеуказанному труду: «Частное в горных науках выражается в том, что само преобразование недр осуществляется в историческом, а не в геологическом масштабе времени». В Открытии данная концепция трактуется как необходимость создания практической технологической возможности преобразования в течение жизни одного поколения, т.е. в историческом масштабе, георесурсов недр в любом его содержимом в полезные товарные продукты.

Естественно, следует ожидать, что практические доказательства в виде данных экспериментов будут созданы в процессе подбора минералов и горных пород, ими сложенных, с учетом объемов их скоплений для извлечения из них в разных комбинациях всего набора необходимой продукции [5] и составят VII группу, добавляемую к шести основным группам ресурсов земных недр, определенных акад. М. И. Агошковым, создающую неисчерпаемый источник минерального сырья.

В соответствии с представляемой сущностью Открытия производственный процесс добычи не представит особых трудностей, т.к. вскрышные, подготовительные и очистные работы будут практически объединены в одном технологическом процессе без разделения на «руды» и «породы» при сплошной выемке.

Достаточно сложной и дорогостоящей производственной операцией является обогатительный передел, который потребует создания новых технологических схем переработки с целью получения концентратов.

Металлургический производственный процесс будет основываться на традиционных технологиях при переработке общеизвестных концентратов. Полученные в результате обогатительного передела новые продукты в связи с полной и сплошной выемкой и комплексной переработкой получают применение в строительной, дорожной, горнохимической, агрохимической отраслях.

Таким образом, предлагаемая суть Открытия создаст реальные условия для полного, комплексного и управляемого использования недр с валовой

сплошной выемкой, обеспечив человечество в мировом масштабе всеми необходимыми для поступательного и более совершенного развития цивилизации в условиях Четвертой промышленной революции металлами и строительными материалами [6].

Список литературы

1. *Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П.* Основы горного дела / Под ред. акад. Трубецкого К. Н. М.: Академический проект, 2010. С. 5–11.
2. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / Под ред. акад. Трубецкого К. Н. М.: АГН, 1997. С. 5, 35.
3. *Агошков М. И.* Классификация горных наук // Актуальные проблемы освоения месторождений и использования минерального сырья. М.: МГГУ, 1993. С. 23–30.
4. *Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 669 с.
5. *Бетехтин А. Г.* Курс минералогии: учебное пособие / Под науч. ред. Пирогова Б. И. и Шкурского Б. Б. 2-е изд., испр. и доп. М.: КДУ, 2010. 736 с.
6. *Битимбаев М. Ж.* Технологическое обеспечение эффективного и комплексного развития добычи и обогатительного передела полезных ископаемых в XXI веке (проблемы, перспективы, приоритеты): монография. Алматы: Изд-во Print House Gerona, 2020. С. 144–155.

ПОДДЕРЖАНИЕ ВЫСОКОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОТЫ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ВОДЫ

MAINTAINING HIGH SUBZERO TEMPERATURE IN INDOOR SPACE DURING WINTER USING LATENT HEAT OF WATER

Кузьмин Г. П., Куваев В. А.

*Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск
e-mail: kuzmin@mpi.ysn.ru; Levchik_47@mail.ru*

Kuzmin G. P., Kuvaev V. A.

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk

Аннотация. Вода является теплоаккумулирующим материалом, способным накапливать тепловую энергию при плавлении и выделять ее при кристаллизации. Это свойство воды позволяет эффективно использовать солнечную энергию для обогрева помещений в зимнее время до высоких отрицательных температур.

Abstract. Water is a heat accumulating material which can accumulate thermal energy upon melting and release it upon solidification. This property makes it possible to utilize solar energy for indoor heating to high subzero temperatures during winter.

Ключевые слова. Солнечная энергия, вода, фазовые переходы, аккумулярование, обогрев помещений.

Keywords. Solar energy, water, phase transitions, accumulation, indoor heating.

Введение

Фазовые переходы воды сопровождаются поглощением и выделением определенного количества тепла. Аккумулированная солнечная энергия при таянии льда может найти практическое использование для поддержания в зимнее время в ряде видов помещений высокой отрицательной температуры [1]. К таким помещениям можно отнести стояночные гаражи, ангары, хранилища некоторых овощей, прогулочные и спортивные помещения детских учреждений и т.д. Использование возобновляемой солнечной энергии на основе фазовых переходов воды на обширной территории России может иметь существенный экономический эффект.

Устройство и работа водяных аккумуляторов солнечной энергии в опытном помещении

На основе закономерностей фазовых переходов воды разработана технология использования солнечной энергии для поддержания в помещении в холодное время года околонулевых отрицательных температур [2,3].

В г. Якутске в 2018 г. построен опытный гараж, обогреваемый водяными аккумуляторами солнечной энергии (рис.1). Размеры гаража: ширина 9,0 м, длина 12,0 м и высота 3,5 м. Помещение каркасного типа утеплено полистиролом толщиной 30 см. Водяные аккумуляторы — металлические емкости с водой расположены вдоль стен помещения. В зимнее время потери тепла из помещения компенсируются теплотой, выделяемой замерзающей водой в емкостях. Температура в помещении в течение всего холодного периода остается близкой к 0 °С. В летнее время за счет тепла, поступающего в помещение, лед в емкостях тает, аккумулируя тепло. Так происходит ежегодная разрядка и зарядка водяных аккумуляторов.

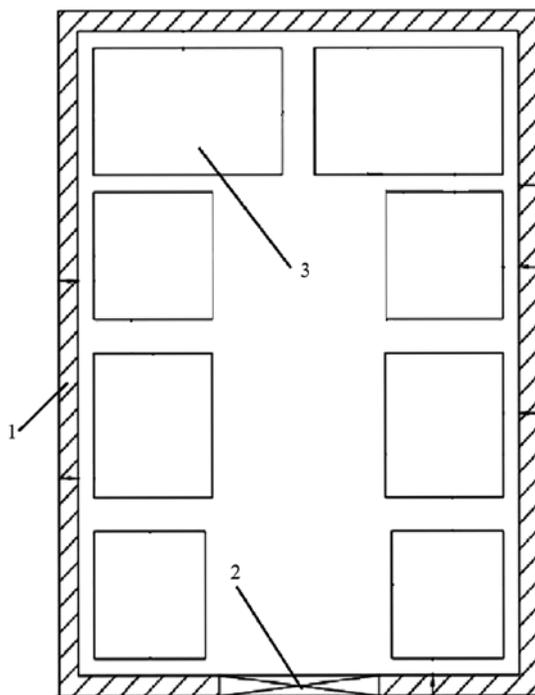


Рис. 1. Схема опытного гаража

1 – стены, утепленные полистиролом; 2 – ворота; 3 – водяные аккумуляторы

Параметры водяных аккумуляторов определяются теплотехническим расчетом помещения, который заключается в следующем:

- определяют потери тепла из помещения в окружающую среду через ограждающие конструкции и полы при климатических условиях местности и заданных значениях средней за зиму температуры в помещении, термического сопротивления стен и технологических особенностей теплового взаимодействия помещений с окружающей средой;
- определяют технологические притоки тепла в помещение и оттоки тепла из помещения;

- определяют необходимое количество воды в аккумуляторах по величине суммарных потерь тепла из помещения за холодный период года;
- рассчитывают необходимую площадь теплообменной поверхности водяных аккумуляторов;
- проверяют возможность полного плавления льда в аккумуляторах в летнее время.

Результаты теплотехнического расчета и испытания опытного помещения

Теплотехнический расчет опытного объекта был выполнен по следующим данным. Температура воздуха в г. Якутске в период испытания опытного помещения опускалась до -45°C и поднималась до $+35^{\circ}\text{C}$. Продолжительность периода отрицательных температур равна 5088 ч, положительных — 3672 ч. Расчетные средние значения температур воздуха составили зимой -22°C , летом $13,4^{\circ}\text{C}$. Средняя скорость ветра в зимнее время равна 1,9 м/с, в летнее время — 3,0 м/с. Количество выездов автомашин из гаража в зимнее время принято равным 591, суммарная продолжительность открытого состояния ворот составила 49 ч. Расчетное необходимое количество воды в аккумуляторах составило 45 м^3 , суммарная площадь теплообменной поверхности аккумуляторов 166 м^2 .

На рис. 2 показаны графики температуры наружного воздуха и опытного гаража в зимний период 2019-2020 гг. Температура в помещении плавно понизилась в начале февраля до минус $3,5^{\circ}\text{C}$, а с середины марта она начала плавно повышаться.

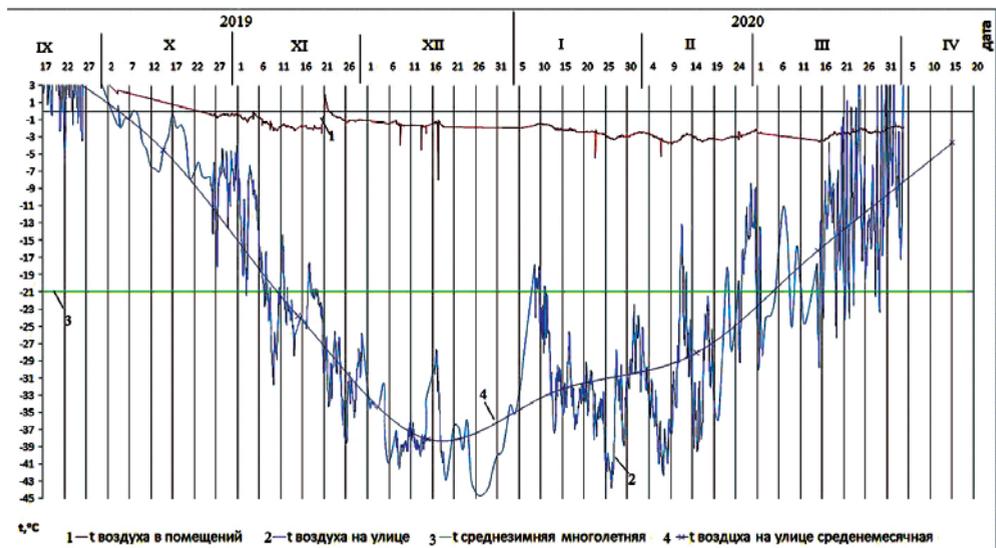


Рис. 2. Графики температуры опытного гаража (1) и наружного воздуха (2) в зимний период; 3 – среднезимняя температура наружного воздуха и 4 – осредненная многолетняя температура наружного воздуха 2019–2020 гг

Результаты проведенного испытания водяных аккумуляторов показывают практическую возможность эффективного использования тепловой солнечной энергии для обогрева помещений в зимнее время до высоких отрицательных температур, близких к 0^0 С. Однако водяные аккумуляторы обладают большими размерами и занимают значительную часть площади помещения. Эта площадь может быть существенно уменьшена размещением аккумуляторов на всю высоту стен помещения. Если грунты основания помещений позволяют строительство подпольных этажей, то водяные аккумуляторы могут размещаться в них. В связи с необходимой высокой теплопроводности стенок аккумуляторов и увеличением объема воды при замерзании предъявляются определенные требования к материалу, формам и размерам аккумуляторов.

Заключение

Использование солнечной энергии на основе фазовых переходов воды для поддержания в ряде видов помещений температур, близких к 0^0 С, является особенно актуальным для России, большая часть территории которой характеризуется холодным климатом. Процессы аккумуляции и использования бесплатной тепловой энергии происходят автоматически. Результаты испытания водяных аккумуляторов солнечной энергии в опытном помещении во время двух циклов зарядки и разрядки их подтвердили эффективность способа и надежность оборудования.

Список литературы

1. *Кузьмин Г. П., Куваев В. А.* Вода как аккумулятор солнечной энергии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. — № 9. С.80-84.
2. Патент на полезную модель, № 112219. МПК «Устройство для стабилизации температуры в закрытых помещениях». бюл. № 1, 2012. *Кузьмин Г. П., Чжан Р. В., Ремизов В. А., Панин В. Н., Вахрин И. С.*
3. Патент № 2617579 Российская Федерация, МПК «Устройство для поддержания околонулевой температуры в закрытых помещениях» *Кузьмин Г. П.*, заявитель и патентообладатель Учреждение РАН — Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН (RU). Оpubл. 25.04.2017.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию Инженерной академии СССР, Международной и Российской инженерных академий — весомый вклад в решение важной проблемы сохранения и развития интеллектуального потенциала науки и техники по основным инженерным направлениям.

Основная концепция Инженерной академии СССР, Международной и Российской инженерных академий на всех этапах их развития основывается на укреплении инженерного потенциала стран, в которых работают члены академий, с целью улучшения духовной, экономической, экологической и социальной жизни человека. Сложившиеся традиции, глубина теоретических и практических исследований, высокая компетенция и эрудиция членов национальных академий, отделений и представительств академий являются определяющими факторами эффективного участия Международной и Российской инженерных академий в решении задач модернизации промышленности, аграрного комплекса и социально-экономического развития стран.

В настоящее время в Международной и Российской инженерных академиях сложились школы и инженерные направления в самых перспективных областях современных технических знаний. В числе приоритетных: информатизация общества на основе использования современных информационных технологии; развитие различных отраслей промышленности; техническая безопасность; эффективные композитные материалы; развитие инфраструктуры крупных городов и мегаполисов; использование изделий и технологий двойного назначения при создании высокотехнологичной продукции; разработка и внедрение инновационных биотехнологий в промышленности; развитие лесопромышленного комплекса; внедрение инноваций при комплексной разработке и использовании месторождений полезных ископаемых; автоматизация и роботизация; развитие нанотехнологий; социально-экономическое развитие общества, поддержка профессионального образования.

Не менее важная проблема, которая стоит перед МИА и РИА, — это выполнение просветительских, культурных, патриотических и воспитательных функций; формирование широкого и устойчивого общественного интереса к науке и технике, профессиональной ориентации молодежи на сознательный выбор профессии инженера. Студенты, аспиранты, молодые ученые, преподаватели вузов и инженеры — реальный резерв академий, как на ближайшую, так и долгосрочную перспективы своего развития.

Материалы, опубликованные в сборнике, свидетельствуют о большом научном и творческом потенциале членов Международной и Российской инженерных академий.

Организационный комитет Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию Инженерной академии СССР, Международной и Российской инженерных академий благодарит Б. В. Гусева, Б. Т. Жумагулова, А. В. Кабулова, К. Ч. Кожогулова, С. А. Минасяна, А. М. Пашаева, А. И. Прангшвили, Л. Х. Саидмуродова, С. И.-Л. Ин, Л. В. Танина, И. Эмри и всех авторов за помощь в подготовке Сборника статей конференции.

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ	6
<i>Гусев Б.В.</i>	
ПРИОРИТЕТЫ АЗЕРБАЙДЖАНА: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ И НАРАЩИВАНИЕ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ.....	25
<i>Пашаев А.М.</i>	
ИННОВАЦИОННОЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КАК ГЛАВНАЯ МИССИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	32
<i>Минасян С.А.</i>	
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ ГРУЗИИ	36
<i>Джавахадзе Г.С., Горгидзе Д.А.</i>	
АКАДЕМИЯ НА НОВОМ РУБЕЖЕ	46
<i>Жумагулов Б. Т.</i>	
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.....	50
<i>Кожогулов К. Ч.</i>	
О РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ	54
<i>Гусев Б.В., Иванов Л.А.</i>	
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	60
<i>Саидмуродов Л.Х.</i>	
ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ВСПЫШЕК ТЯЖЁЛОГО ОСТРОГО РЕСПИРАТОРНОГО СИНДРОМА	64
<i>Прангишвили А.И., Намичейшвили О.М.</i>	
НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ ТАЙВАНЯ	71
<i>Самуэль Йен-Лян Инь</i>	
NEW TRENDS IN THE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF TAIWAN'S CONSTRUCTION INDUSTRY.....	79
<i>Samuel Yen-Liang Yin</i>	

ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРИКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ КРЕКИНГ-ПРОЦЕССЕ	86
<i>А.М. Пашаев, А.Х. Джанахмедов, М.Я. Джавадов</i>	
ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	94
<i>Звездов А.И.</i>	
РОЛЬ И МЕСТО ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЭНЕРГОСНАБЖЕНИИ МИРА И РОССИИ.....	103
<i>Безруких П.П.</i>	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО- СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ И ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ РОССИИ В XXI ВЕКЕ.....	110
<i>Григорьев Б.А., Скоробогатов В.А.</i>	
НАУЧНАЯ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ АТТЕСТАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ: МИРОВОЙ ОПЫТ, РОССИЙСКАЯ ПРАКТИКА.....	122
<i>Сергеева Т.К.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И АЛГОРИТМ ЕЁ РЕШЕНИЯ.....	129
<i>Кабулов А.В., Утеулиев Н.У., Норматов И.Х.</i>	
ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА ТОВАРОВ И ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЕЕ ВНЕДРЕНИЕМ НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН ЕАЭС.....	137
<i>Танин Л.В.</i>	
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО СОЗДАНИЮ ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА БУДУЩЕГО	142
<i>Битимбаев М.Ж.</i>	
НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИИ И УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОЗДАННОЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	150
<i>I. Emri, B. von Bernstorff, R. Simonyants, and B.V. Gussev</i>	
ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ АРКТИКИ	180
<i>Бакшеев Д.С.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ВЫСКОКОУРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ КАК ОДНО ИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА.....	186
<i>Сарченко В.И., Хиревич С.А., Сарченко М.В.</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ И АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ	192
<i>Нигматуллин И.Р., Мингазов К.Р., Нигматуллин Р. Г.</i>	

ЭПОКСИДНЫЙ КОМПОЗИТ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ.....	199
<i>Ерофеев В.Т., Ельчищева Т.Ф., Макарчук М.В.</i>	
У ИСТОКОВ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ЗЕЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ	206
<i>Гахокидзе Р.А.</i>	
О РАБОТЕ КУБАНСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РИА ПО ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНОЙ СМЕНЫ.....	210
<i>Касьянов Г.И., Бережной С.Б., Запорожский А.А.</i>	
О РАЗРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ТРАНСФОРМИРУЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ, ОПТИМИЗИРУЮЩЕЙ ЕГО СВОЙСТВА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ.....	216
<i>Симоньянц Р.П.</i>	
УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ УДАРНО-ВИБРАЦИОННЫХ И СРЕДНЕЧАСТОТНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ	223
<i>Гусев Б.В., Кудрявцева В.Д., Оленич Д.И.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЛЮДЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ	229
<i>Касьянов Г.И.</i>	
ОМСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЦИФРОВОЙ АЛГОРИТМ КЛАСТЕРНОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ ДЛЯ СТРАН ШОС И ЕАЭС	234
<i>Горбунов П.И., Ключенко А.А., Лизунов В.В.</i>	
ВОПРОСЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ	243
<i>Левин Ю.А., Конотопов М.В.</i>	
КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОКСИДНЫХ МЕДНЫХ РУД	247
<i>Шевко В.М., Жарменов А.А., Айткулов Д.К., Кушакова Л.Б.</i>	
СОВМЕСТНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ФОСФАТНОГО И ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩЕГО КРЕМНИСТОГО СЫРЬЯ	253
<i>Айткулов Д.К., Сухарников Ю.И.</i>	
АНАЛИЗ СПОСОБОВ И МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	260
<i>Тюрин А.Н., Королев А.В., Королев А.А.</i>	
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НИХ	269
<i>Грибков С.В.</i>	
ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ TI-AL-NV В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ	280
<i>Кожаметов Е.А., Скаков М.К., Курбанбеков Ш.Р., Мухамедова Н.М., Оразгалиев Н.А.</i>	

ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ И ГАЗОХОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ – СОВРЕМЕННОЕ И ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ.....	286
<i>Асташкин В.М., Шматков С.Б., Шматков А.С.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДА ИНДУКЦИИ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ СМЕСЕЙ ПАРОВ СТРУКТУРНО НАПРЯЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ВОЗДУХОМ.....	293
<i>Ежов В.М., Ильина М.А., Куликов С.В., Червонная Н.А., Яновский Л.С.</i>	
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ И ТОЧНЫЙ МЕТОД ГЛАДКОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПО ВРЕМЕННОМУ РАЗРЕЗУ В ИКС «ИНФОРМГЕО».....	296
<i>Горбачев С.В., Кузин В.Ф., С. Бхаттачарья</i>	
АРХИТЕКТУРНО-КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА УКРУПНЕНИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ САРАНСКА.....	305
<i>Гельфонд А.Л., Дуцев М.В., Ерофеева И.В., Моисеенко В.А.</i>	
АККУМУЛИРОВАНИЕ ХОЛОДА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ.....	313
<i>Кузьмин Г.П., Куваев В.А.</i>	
ИМПУЛЬСНЫЙ ВАРИАТОР НА СОСТАВНЫХ ПРУЖИНАХ.....	319
<i>Бабаева А.Х.</i>	
ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОДЗЕМНОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	324
<i>Куликова Е.Ю.</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ В АРКТИКЕ	333
<i>Алексеев А.Г.</i>	
ЭНЕРГИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	339
<i>Ду-Джонг Ли, Джо-Шу Чанг</i>	
MICROALGAL ENERGY: CHALLENGES AND PERSPECTIVES.....	344
<i>Duu-Jong Lee, Jo-Shu Chang</i>	
УЛУЧШЕНИЕ СМЯГЧЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТАЙВАНЕ	348
<i>Ших-Цзянь Хван, Куо-Чун Чанг и Кех-Чюань Цай</i>	
ADVANCEMENT OF EARTHQUAKE MITIGATION IN TAIWAN.....	355
<i>Shyh-Jiann Hwang, Kuo-Chun Chang and Keh-Chyuan Tsai</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РЕМОНТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	361
<i>Федотов М.Ю.</i>	

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «ИНЖЕНЕРИЯ БУДУЩЕГО» САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ	366
<i>Богатырев В.Д., Аншаков Г.П., Салмин В.В.</i>	
ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ НАМОТКИ КОМПОЗИТНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ.....	370
<i>Малков И.В.</i>	
БУДУЩЕЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, СОЗДАНИЕ ПОДКРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ACCELERATOR DRIVEN SYSTEM (ADS), КАК ПРОТОТИПОВ МАЛЫХ АЭС	377
<i>Бутцев В.С.</i>	
ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	393
<i>Трифонов Н.Ю.</i>	
ЦИФРОВОЙ ПОМОЩНИК ДЕВЕЛОПЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	401
<i>Болдырев И.А., Ваганова А.И., Пальчунов Д.Е.</i>	
ЛИКВИДАЦИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ЭФФЕКТИВНОЙ ОЧИСТКОЙ ВОДЫ	409
<i>Богомолов О.В., Кузин В.Ф.</i>	
СОВМЕЩЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦВЕТНОЙ И ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.....	414
<i>Шевко В.М., Жарменов А.А., Айткулов Д.К., Бадикова А.Д.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕЙТЕРИЯ С ЛИТИЕВОЙ КПС В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕПЛОВЫХ И РАДИАЦИОННЫХ НАГРУЗОК.....	419
<i>Понкратов Ю.В., Тажибаева И.Л., Гордиенко Ю.Н., Кульсартов Т.В., Тулубаев Е.Ю., Самарханов К.К., Бочков В.С.</i>	
РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ.....	425
МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КАЛИБРОВКИ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО 3-D МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ	428
<i>Горбачев С.В.</i>	
СОЗИДАТЕЛЬНОЕ И НЕИСЧЕРПАЕМОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ – ОСНОВА НОВОЙ ЭРЫ РАЗВИТИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ В XXI ВЕКЕ	438
<i>Битимбаев М.Ж.</i>	
ПОДДЕРЖАНИЕ ВЫСОКОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОТЫ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ВОДЫ.....	446
<i>Кузьмин Г.П., Куваев В.А.</i>	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	450

International Academy of Engineering
Russian Academy of Engineering

Международная инженерная академия
Российская инженерная академия

Международная научно-практическая конференция,
посвященная 30-летию Инженерной академии СССР,
Международной и Российской инженерных академий

«Перспективные задачи инженерной науки»

Сборник статей

Отв. редактор *О.Н. Оробей*
Компьютерная верстка *А.Н. Шадрин*

Формат 70×100/16. Печать офсетная
Гарнитура «Newton»
Подписано в печать 07.03.2022 г.

ООО Издательский дом «Мастер»
Тел. 8-901-546-22-54
E-mail o_master@mail.ru

Типография «РадугаПринт»
г. Москва, Варшавское шоссе, д. 28А
Тел: +7(495) 252-75-10
Сайт: raduga-print.ru